Diss. ETH : 693 B

# Untersuchungen über den Einfluß der Narkose auf die Pilzempfänglichkeit der Pflanzen

---

Von der

Eidgenössischen Technischen Hochschule
in Zürich

zur Erlangung der

**Würde eines Doktors der Naturwissenschaften**

genehmigte

Nr. 693 Promotionsarbeit

vorgelegt von

**Antanas Minkevičius**
aus Kaunas

ETH-BIBLIOTHEK ZÜRICH
Ser. Kat.

---

Referent: Herr Prof. Dr. E. Gäumann
Korreferent: Herr Prof. Dr. P. Jaccard

---

**Dessau 1932**
Anhaltische Buchdruckerei Gutenberg Gustav Zichäus G. m. b. H.

**Aus dem Institut für spezielle Botanik**
**der Eidg. Technischen Hochschule in Zürich.**
Direktor: Prof. Dr. E. Gäumann.

# Untersuchungen über den Einfluß der Narkose auf die Pilzempfänglichkeit der Pflanzen.

Von

Antanas Minkevičius, Kaunas (Litauen).

Mit 14 Abbildungen.

Inhalt: 1. Einführung. — 2. Theoretisches über die Narkose und Literaturbesprechung. — 3. Methodisches. — 4. Versuche mit *Alternaria brassicae* auf Blumenkohl: a) Versuche mit Chloroformnarkose; b) Versuche mit Äthernarkose; c) Versuche mit Alkoholnarkose. — 5. Versuche mit *Uromyces appendiculatus* auf *Phaseolus vulgaris*: a) Versuche mit Chloroformnarkose; b) Versuche mit Äthernarkose; c) Versuche mit Alkoholnarkose. — 6. Schlußbetrachtungen. — 7. Zitierte Literatur.

## 1. Einführung.

Den Anlaß zu dieser Arbeit gaben einige wenige Untersuchungen über die Wirkung der Narkose auf die Empfänglichkeit der Pflanzen für Pilzinfektionen. Sie mögen hier kurz wiedergegeben werden.

Salmon (1905) ist es gelungen, junge Gerstenpflanzen *(Hordeum sativum)*, die gewöhnlich unempfänglich sind für *Erysiphe graminis* vom Weizen, durch 2 bis 22stündiges Eintauchen in 10%igen Alkohol (2%iger Alkohol blieb noch wirkungslos), oder durch 1 bis 2 minutenlange Einwirkungen von Chloroformdämpfen in geringem Maße mit *Erysiphe graminis tritici* zu infizieren. Ebenfalls bewirkte Stakman (1915) bei hochgradig rostwiderstandsfähigen Getreidesorten durch leichte Behandlung mit Äther oder Chloroform eine künstliche Empfänglichkeit derselben für *Puccinia graminis*.

Reed und Cooley (1912) vermochten bei ihren Versuchen auf unter optimalen Bedingungen aufgewachsenen, gesunden Spinatpflanzen *(Spinacia oleracea)* eine Infektion mit *Heterosporium variabile* nicht zu erzielen; dagegen ist dies ohne weiteres gelungen, nachdem die Pflanzen 5 bis 10 Minuten lang mit Chloroformdämpfen behandelt worden waren.

Bolle (1924) setzte mit *Alternaria brassicae* infizierte *Brassica oleracea*-Pflanzen unter einer Glasglocke, in welche ein Uhrglas mit Alkohol gegeben wurde, der Alkoholnarkose aus und bekam schon nach einer Woche normale Infektionsflecken, die sonst, d.h. ohne solche Narkose, auf denselben

*Brassica*-Sorten meistens erst nach drei Wochen auftraten. Nach dem gleichen Verfahren konnte Bolle bisweilen auch mit saprophytischen Schwärzepilzen wie *Alternaria tenuis* Infektionsflecken hervorbringen.

Mit den oben erwähnten Resultaten stehen teilweise in Widerspruch die kürzlich von Volk (1931) ausgeführten Untersuchungen. Roggenpflanzen, die vor der Infektion mit Dämpfen einer Konzentration von 0,2 ccm Äther auf 1 l Luft 24 Stunden lang narkotisiert und nachher mit *Puccinia dispersa* infiziert wurden, zeigten eine größere Widerstandsfähigkeit gegen den genannten Rostpilz als die Kontrollpflanzen. Auch die Einwirkung von Ätherdämpfen in einer Konzentration von 0,01 ccm auf 1 l Luft während der Inkubationszeit hat „keine deutliche Beeinflussung, jedenfalls nicht eine Verminderung der Resistenz" feststellen lassen. Dagegen ergaben die Versuche, die er mit fakultativen Parasiten *Phoma betae* auf Rüben, *Cladosporium fulvum* und *Phytophthora infestans* auf Tomaten vorgenommen hat, gerade umgekehrte Resultate. Auf den 24 Stunden lang mit 0,2 ccm Äther auf 1 l Luft narkotisierten und nachher infizierten Rübenpflanzen waren 100 % erfolgreicher Beimpfungen, dagegen auf den nichtnarkotisierten Kontrollpflanzen nur 60 %. Junge, in normalen Wachstumsbedingungen sich befindliche Tomaten mit *Phytophthora infestans* zu infizieren war überhaupt nicht gelungen; auf den 24 Stunden lang mit 0,2 ccm Äther auf 1 l Luft behandelten Tomaten dagegen traten die Infektionsstellen schon nach zwei Tagen nach der Infektion auf und entwickelten sich rasch weiter, obwohl es nicht zu einer Fruktifikation des Pilzes kam. Bei der Beimpfung der Tomate mit *Cladosporium fulvum* bewirkte vorangehende 24stündige Äthernarkose eine Abkürzung der Inkubationszeit um 2 bis 3 Tage im Vergleich zu den nichtnarkotisierten Kontrollexemplaren.

Alle obenerwähnten, größtenteils beiläufig vorgenommenen Untersuchungen tragen neben ihrem rein wissenschaftlichen Interesse den Gedanken in sich, daß die Narkose in Zukunft in der Pflanzenpathologie eine Anwendung finden könnte, und zwar in erster Linie für die weitere theoretische Erforschung der Biologie der pflanzenbewohnenden Pilze, in der noch weite unbearbeitete Gebiete vorhanden sind.

Der Zweck der in der vorliegenden Arbeit niedergelegten Untersuchungen ist, den Einfluß der Narkose auf die Beziehungen zwischen Wirtspflanze und Parasit planmäßig weiter zu verfolgen. Dabei ist es uns klar, daß in all den Fragen und Vermutungen, die auf dem Gebiete der Narkoseanwendung in der Pflanzenpathologie auftreten, Zurückhaltung geboten ist. Die meisten von ihnen müssen zurzeit unberücksichtigt bleiben, weil sie vorerst zu vag erscheinen; deshalb werden auch die Vermutungen, die im folgenden angeführt sind, über den Rahmen von Andeutungen nicht hinausgehen.

Die Arbeit ist auf Anregung von Herrn Prof. Dr. E. Gäumann im Institut für spezielle Botanik der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich 1930—1932 durchgeführt worden.

Ergebenen Dank schulde ich meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. E. Gäumann, für die Anregung zu dieser Arbeit, für seine stete Förderung und Teilnahme. Ebenfalls spreche ich meinen herzlichen Dank aus Herrn dipl. ing. agr. Joh. Anliker, Assistent an dem Institut für spez. Botanik, für manche Ratschläge und Hilfe in der Durchführung dieser Arbeit, ferner Herrn Prof. Dr. E. Baur und Herrn A. Schibli für ihre Mithilfe bei der Zusammenstellung der für die Versuche nötigen Apparatur und Herrn Obergärtner O. Riethmann für seine Mithilfe bei der Heranzucht der Versuchspflanzen.

## 2. Theoretisches über die Narkose und Literaturbesprechung.

In der praktischen Medizin wird unter Narkose meist eine reversible Lähmung des Zentralnervensystems oder der peripheren Nerven und ihren Endigungen verstanden. Im allgemeinen hat die Narkose eine viel weitere Bedeutung: nicht nur auf die Zellen des Nervensystems erstreckt sich ihre Wirkung, sondern auf jede lebendige Zelle des menschlichen, tierischen und pflanzlichen Organismus.

Winterstein (1926) definiert die Narkose und die Narkotika mit folgenden Worten: „Die Narkose ist ein durch chemische Agenzien hervorgerufener Zustand allgemeiner Verminderung des Reaktionsvermögens der lebendigen Substanz, dessen Intensität innerhalb gewisser Grenzen sich im gleichen Sinne verändert, wie die Konzentration der ihn bedingenden Agenzien. Die Stoffe, deren Hauptwirkung in der Herbeiführung dieses Zustands besteht, bezeichnen wir als Narkotika." Hier muß eine schon länger bekannte Tatsache erwähnt werden, daß dem Eintritt der Verminderung des Reaktionsvermögens vielfach ein Stadium gesteigerter Lebenstätigkeit vorangeht. Solche an pflanzlichen Organismen durch Narkotika verursachte Lebenstätigkeitssteigerung haben beobachtet: Traube nnd Rosenstein (1919) an keimender und wachsender Gerste, Warburg (1919-20) und Warburg und Negelein (1920) an Grünalgen, Weber (1921-22) an *Spyrogyren*, Mansfeld (1912) an *Cucurbita pepo*-Keimlingen, Johannsen (1906) am Flieder, Josing (1901) an *Elodea*, *Vallisneria* und anderen Pflanzen, Schröder (1908) an *Avena*-Keimlingen, Gerber (1902) an Bananenfrüchten, Kosinski (1902) an *Aspergillus niger*, Heilbronn (1914) an *Vicia faba* usw.

Der Wirkungsmechanismus der Narkose ist trotz den zahlreichen von Medizinern und Biologen vorgenommenen Untersuchungen nicht eindeutig bestimmt. Näheres über die gesamten Narkosetheorien und ihre kritische Besprechung findet man in Wintersteins Monographie: Die Narkose. Berlin. 1926.

Einige Literatur über die Narkoseuntersuchungen, von Seiten der Pflanzenpathologen herrührend, ist schon in der Einführung angegeben worden. Hier bleibt noch übrig, das von den Pflanzenphysiologen gesammelte Material über die Wirkung der Narkose kurz zu streifen, um ein etwas vollständigeres Bild über den Narkoseeinfluß auf die physiologischen Funktionen des Pflanzenorganismus zu bekommen. Dies ist um so wichtiger, als man die Wirtspflanze nicht nur als Substrat gewisser chemischer Zusammensetzung, sondern auch als einen Komplex mannigfaltiger, zweckmäßig koordinierter physiologischer Prozesse anzusehen hat, deren irgendwie geartete Störungen oder sonstige Veränderungen mehr oder weniger für den Angriff durch den Parasiten von Bedeutung sind.

a) Einfluß der Narkose auf den Stoffwechsel. Über die Wirkung der Narkose auf die Pflanzenatmung äußert sich Czapek (1920, S. 43, daneben auch ältere Literatur) auf Grund von Untersuchungen verschiedener Forscher, daß die Atmung durch kleine Dosen bzw. durch kurzdauernde Einwirkung von Chloroform oder Äther erhöht, durch große Dosen bzw. durch langdauernde Einwirkung gehemmt werde.

Von Interesse sind die Feststellungen von Elfving (1885—1886) und von Morkowine (1899; beide hier nach Kegel, 1905, zitiert), daß die Atmung eiweißreicher Keimlinge von Pflanzen, wie *Pisum, Phaseolus, Ricinus, Medicago, Vicia* durch Äther- bzw. Chloroformnarkosen erhöht wurde; dagegen zeigt Elfving, daß die Narkotisierung stärkereicher Keimlinge von *Hordeum* und *Zea* keine Atmungserhöhung bewirkte, *Morkowine*, daß die Atmung stärkereicher Getreidesamen in der Narkose eine geschwächte war. Ebenfalls hat Kegel (1905) den unterschiedlichen Einfluß der Narkose auf die stärkereichen und stärkearmen Exemplare von *Elodea canadensis* in bezug auf die Kohlensäureassimilation festgestellt: die Assimilation wurde an stärkereichen Pflanzen durch die Chloroformnarkose gehemmt, an stärkearmen dagegen erhöht.

Warburg (1919—1920) und Warburg und Negelein (1920) haben die Wirkung des Phenylurethans an einer Grünalgenart untersucht und festgestellt, daß nicht alle Lebensvorgänge dieses Organismus in gleichem Maße beeinflußt werden; 0,005 % Phenylurethan beispielsweise hemmte die Assimilation dieser Grünalge um zirka 30 %, die Atmung dagegen wurde beschleunigt; 0,025 %ige Verabfolgung hemmte die Assimilation fast völlig, die Atmung wurde stark beschleunigt und erst bei 0,1 %iger Konzentration, wobei eine vollständige Hemmung der Assimilation eintrat, wurde die Atmung nur um zirka 50 % vermindert. Ähnlicherweise wurde in einem anderen Versuch festgestellt, daß 0,013 % Phenylurethan im Nitratgemisch die Kohlensäureassimilation einer Grünalge fast völlig, Extrakohlensäurebildung (die bei der Reduktion der Salpetersäure entsteht) nur um zirka 30 % hemmte, die Atmung dagegen beschleunigte. Die Kohlensäureassimilation scheint demnach für die Narkose am empfindlichsten zu sein.

Verzar (1928) stellte die Empfindlichkeit der verschiedenen Lebensfunktionen von *Bacterium coli commune* für Chloroformnarkose in folgender Reihe fest: durch eine niedrigste Konzentration wurde die Reduktion, dann durch eine höhere die Gasbildung (Atmung), durch die noch höheren Indol- und Säurebildung und schließlich das Wachstum verlangsamt. Eine ähnliche Wirkung übt auch Alkohol aus. Bei *Saccharomyces cerevisiae* erwies sich ebenfalls die Atmung bzw. die Gasbildung für die Chloroformnarkose empfindlicher als die Säurebildung.

Sterns (1920) Beobachtungen, wonach eine Algenkultur *(Chlorella)* in Knopscher Lösung eine deutliche rote Fluoreszenz hervorbringt, zeigen, daß eine wässerige Chlorophylldispersion, auch nach Zusatz von Kohlehydraten, nicht fluoresziert, dagegen bei Zusatz einer kleinen Menge von Lipoiden typisch zu fluoreszieren beginnt. Die hohe Empfindlichkeit der Kohlensäureassimilation für die Narkose erklärt er folgendermaßen: Chlorophyll sei in den lebenden Zellen (deren Inhalt eine lipoide Lösung darstellt) echt molekulardispers gelöst. Demnach spielt sich der Assimilationsprozeß nicht in einem homogenen Medium ab, sondern sowohl in einer Lipoid- wie in einer Hydroidphase. Nun sammeln sich aber die oberflächenaktiven Stoffe, zu denen die Narkotika gehören, an der Grenzfläche der Lipoid- und der Hydroidphase, rufen hier irgendwie eine Blockierung hervor, sei es durch Verdrängung anderer Stoffe aus dieser Grenzfläche, sei es durch irgendwelche andere Veränderungen in derselben. Als Folge dieser Blockierung tritt eine Assimilationshemmung ein.

Die Narkose hemmt nicht nur die Assimilation der Pflanzen, sondern auch die Chlorophyllbildung. Solche Chlorophyllbildungshemmung haben Téodoresco und Coupin (1898) bei der Chloroform- und bei der Äthernarkose an etiolierten Keimlingen verschiedener Pflanzenarten *(Triticum, Lupinus, Fagopyrum* usw.) nachgewiesen, wobei festgestellt wurde, daß durch schwächere Dosen die Chlorophyllbildung nur vermindert, durch stärkere (die aber noch nicht den Grad der tödlich wirkenden hatten) vollständig gehemmt wurde. Eine Verzögerung der Chlorophyllbildung hat auch Kauffmann (1899) bei Narkosen mit Chloroform, mit Brom- und mit Aethyläther an Mais-, Gersten- und Lupinenpflanzen festgestellt.

Über den Einfluß der Narkose auf den Stickstoffwechsel der Pflanzen ist noch sehr wenig bekannt, doch besteht kein Zweifel, daß die Narkose auch hier verschiedenartige Veränderungen schafft. So hat Mothes (1926) (daneben auch ältere Literatur) festgestellt, daß in den Primärblättern der *Phaseolus*pflanzen bei der Chloroformnarkose eine beträchtliche Veränderung im Eiweißabbau, auch in der Amid-, Ammoniak- und freien Stickstoffbildung eintritt.

Schließlich sei noch auf die Untersuchungen von Kruseman (1931) hingewiesen, in denen festgestellt worden ist, daß durch 15 bis 42stündige mit 0,15 bis 0,3 %igen Chloroformlösungen vorgenommene Narkotisierung

der Blattstiele von *Phaseolus multiflorus*, eine Hemmung des Transportes der Assimilate aus den Blättern eintritt.

b) Wirkung der Narkose auf die Keimung und das Wachstum der Pflanzen. Kauffmann (1899) bezeichnete die Wirkung des Chloroforms, des Brom- und Aethyläthers auf die Keimung der Lupinensamen und der Sporen von *Penicillium glaucum* als eine hemmende, wobei sich die *Penicillium*sporen als viel widerstandsfähiger gegen ein- und dieselbe Narkotikumkonzentration erwiesen als die Samen von *Lupinus*.

Mansfeld (1912) hat in seinen Versuchen mit keimenden *Cucurbita pepo*-Samen eine Ähnlichkeit der Wirkung der Narkotika (Alkohol, Äther, Urethan) und derjenigen des $CO_2$-Mangels festgestellt; die Keimungsenergie wurde sowohl durch die genannten Narkotika als auch durch den $CO_2$-Mangel in der ersten und der zweiten Keimungsperiode (nach 98 und 146 Stunden) vermindert, in der dritten Periode (nach 270 Stunden) beschleunigt.

Schröder (1908) stellte bei *Avena*-Keimlingen unter der Einwirkung von 1—7 vol.%igen Ätherwassers zunächst beschleunigte, dann früher oder später, je nach der Ätherkonzentration, verzögerte Zuwachsbewegung fest. Die Wachstumshemmung, die Verzar (1928) bei *Bact. coli commune* durch Anwendung der Chloroform- bzw. Äthernarkose feststellte, wurde schon früher erwähnt.

c) Narkosewirkung auf die Reizbarkeit und auf die Bewegungen der Pflanzen haben Heckel (1876) an Drüsenhaaren von *Drosera*, Rothert (1904) an verschiedenen Mikroorganismen wie Bakterien, *Saprolegnia*-Zoosporen, *Euglena*, *Gonium* usw., Czaja (1924) an *Aldrovandia vesiculosa* festgestellt.

d) Veränderungen in der Zelle unter dem Einfluß der Narkose. Zu den Veränderungen dieser Art werden in erster Linie die Permeabilitätsänderungen der Plasmamembran und die Viskositätsänderung des Plasmas gezählt.

Lepeschkin (1911) hat z. B. eine durch die Narkose mit Chloroform bzw. Äther bewirkte Permeabilitätsverminderung der Plasmamembranen der *Spirogyra*zellen für Farbbasen und der *Tradescantia*zellen für Salpeter festgestellt. Ebenfalls fand Tröndle (1920) eine unter dem Einfluß des Chloroforms und Äthers entstandene Verminderung der Permeabilität der Plasmamembranen verschiedener Organe und Pflanzen (*Buxus*, *Acer*, *Lupinus*, *Allium* usw.) für die Aufnahme der KCl-, NaCl- und $NaNO_3$-Salze, dagegen nicht für die Aufnahme der Alkaloide.

Collander (1921) gibt bei Sulfosäurefarbstoffen an, daß ihr Eintritt in die Zellen der Kelchblätter von *Hyacinthus* durch 2 vol.%igen Äther oder durch 0,5 bis 1 vol.%iges Chloralhydrat stark gehemmt wurde. Smith (1923) hat die Veränderungen der Permeabilität an Zellen der

Corolla von *Ipomoea Learii* für $CO_2$ durch Anwendung der Chloroform- und der Äthernarkose beobachtet.

Lullies (1925) stellt auf Grund seiner Versuche mit Blattzellen von *Tradescantia discolor* fest, daß die Permeabilität derselben für Glycerin und Glykol durch die Narkotika vermindert wurde, für den Harnstoff dagegen unbeeinflußt blieb.

Außer der Verminderung der Permeabilität durch die Narkotika ist auch eine Steigerung derselben bei Verwendung größerer Narkotikadosen, besonders an tierischen Objekten, festgestellt worden (Näheres s. Höber 1926, S. 595—607).

Die Narkotika haben, soviel bis jetzt bekannt ist, die Fähigkeit, die Permeabilität der Plasmamembranen für die lipoidunlöslichen Stoffe, die auf dem physiologischen Wege in die Zelle eindringen (physiologische Permeabilität) zu beeinflussen, dagegen nicht für die lipoidlöslichen, deren Eintritt in die Zelle rein physikalisch erklärt werden kann (physikalische Permeabilität. Vgl. Höber 1926).

Ebenfalls sind Viskositätsveränderungen des durch die Narkose beeinflußten Plasmas bei mehreren pflanzlichen Objekten festgestellt worden. Schon Kauffmann (1899) beobachtete in den Zellen von *Vallisneria spiralis* bei der Einwirkung von Chloroform oder von Brom- bzw. Äthyläther eine vorübergehende Verlangsamung, bei stärkeren Konzentrationen einen völligen Stillstand der Plasmaströmung. Josing (1901) hat mit schwächeren Äther- oder Chloroformkonzentrationen eine Beschleunigung, mit stärkeren eine Hemmung der Plasmaströmung in den Zellen verschiedener Pflanzen, wie *Elodea, Vallisneria, Chara*, ferner an Staubfädenhaaren von *Tradescantia*, an Stengelhaaren von *Heracleum* usw. festgestellt. Schröter (1905) beobachtete bei seinen Versuchen mit den Schimmelpilzen *Mucor stolonifer* und *Phycomyces nitens* bei der Anwendung der Äthernarkose durchwegs keine Beschleunigung der Plasmaströmung, sondern nur eine Verzögerung.

Diese von Kauffmann, Josing und Schröter beobachteten Plasmaströmungsveränderungen sind aller Wahrscheinlichkeit nach auf die Viskositätsveränderungen des unter dem Einflusse der Narkotika stehenden Plasmas zurückzuführen.

Heilbronn (1914) nahm als Maßstab der Plasmaviskosität die Fallgeschwindigkeit der Statolithenstärke in der Zelle an und fand dabei, daß die Viskosität des Plasmas in den Zellen der Stärkescheiden von *Vicia faba* durch eine schwache Äthernarkose vermindert, durch eine starke erhöht wird. Viskositätssteigerung unter dem Einfluß der Äthernarkose wurde auch in Zellen der *Avena*-Koleoptyle und im *Reticularia*-Plasmodium konstatiert.

Weber (1921—1922 und 1922) hat auf Grund der bei der Zentrifugierung stattfindenden Chromatophorenverlagerung ebenfalls festgestellt, daß eine schwächere Äthernarkose die Plasmaviskosität der *Spirogyra-*

zellen und der Zellen von *Phaseolus*-Keimlingen erniedrigt, eine stärkere dagegen erhöht. Eine Steigerung der Viskosität des Plasmas findet auch in den ätherisierten Zellen der Epikotylen von *Phaseolus vulgaris* statt.

Außer den Permeabilitäts- und Viskositätsveränderungen können unter dem Einfluß der Narkotika auch andere bis jetzt noch wenig untersuchte Veränderungen in den Zellen stattfinden. So haben Nadson und Meisl (1926) bei der Chloroformnarkose in den Zellen von *Saccharomyces Ludwigii* sowohl wie auch von *Allium* eine ganze Reihe sukzessiver Veränderungen des Plasmas, der Chondriosomen und des Kernes festgestellt.

e) Wirkung der Narkotika auf das ruhende Plasma. Früher herrschte die Meinung, daß das Protoplasma im Ruhezustande äußerst widerstandsfähig gegen Narkotika und gegen Gifte sei. So hat beispielsweise Coupin (1899) trockene im Ruhezustande befindliche Samen von *Triticum* und von *Trifolium* bis über 4 Wochen lang in chloroform- oder ätherdampfgesättigter Atmosphäre gehalten, ohne daß dieselben ihre Keimfähigkeit vermindert hätten; dagegen haben angefeuchtete Samen (die Anfeuchtung ruft bekanntlich die Lebenstätigkeit des Plasmas hervor) von verschiedenen Pflanzenarten schon bei einer Ätherkonzentration von 3,7 ccm auf 10 l Luft ihre Keimfähigkeit verloren. Daraus schließt Coupin: „Je crois donc pouvoire conclure de ces experiences que les vapeurs anesthésiques mêmes saturées sont sans action sur le protoplasme à l'état de vie ralentie".

Spätere Untersuchungen von Schmid (1901), Kurzwelly (1903), Schubert (1909, daneben auch ältere Literatur) haben bei verschiedenen pflanzlichen Objekten, wie Samen, Sporen, trockene Moose usw., deren Plasma im Ruhezustande sich befindet, die Resistenz gegen Narkotika und gegen Gifte bestätigt. Die Ursache dieser Resistenz wurde aber nicht allein durch den Ruhezustand des Plasmas, sondern vielmehr durch die schützende Wirkung der Samenschalen bzw. Zellmembranen, die in vielen Fällen die Narkotika und die Giftstoffe langsam durchlassen, erklärt. Als Beweis dafür diente die Tatsache, daß z. B. entschälte Samen sich meistens viel weniger resistent erwiesen als ungeschälte.

Wie aus diesen kurzen Ausführungen ersichtlich sein dürfte, werden unter dem Einfluß der Narkotika in der Lebenstätigkeit des Pflanzenorganismus mannigfaltige und komplizierte Veränderungen bald in einer beschleunigenden, bald in einer hemmenden Richtung hervorgerufen. Wenn nun das Dasein der parasitischen Pilze mit der Lebenstätigkeit der Wirtspflanze eng verbunden ist, wie das besonders bei den obligaten Parasiten der Fall ist, dann dürfte der Schluß zulässig sein, daß die Veränderungen, die bei der Narkose den Lebensrhythmus der Wirtspflanze in der einen oder in der anderen Richtung verschieben, nicht ohne einen Einfluß auf den Angriff des Parasiten auf die Wirtspflanze bleiben können.

### 3. Methodisches.

Technische Einrichtung der Versuche. Zu Narkotisierungsversuchen benutzt man in der Botanik gewöhnlich Glasglocken. Ihre Unzulänglichkeit zeigt sich aber schon dadurch, daß bei Versuchen mit einer größeren Anzahl von Pflanzen die Sache recht umständlich wird. Weitere Nachteile der Narkose unter den Glasglocken sind die folgenden: das Narkotikum kann nicht gleichmäßig auf den ganzen Raum verteilt werden; es konzentriert sich jeweils im Ober- oder Unterraum je nach dem Narkotikum, das zur Verwendung kommt. Wenn die Pflanzen beispielsweise nicht alle gleich hoch sind, bekommen sie nicht die gleiche Narkotikummenge, was dann zu mehr oder weniger fehlerhaften Ergebnissen führen kann. Ferner kam es uns darauf an, die Wurzeln dem Einfluß des Narkotikums zu entziehen, was in einem Verfahren unter Glasglocken schwer möglich ist.

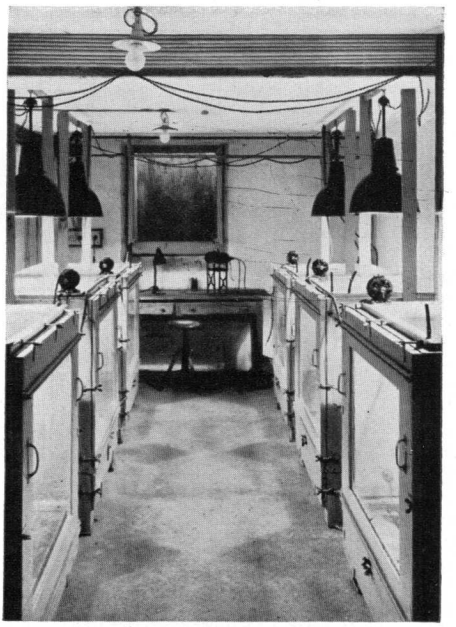

Abb. 1.
Narkosezimmer mit 6 Narkosekästen.
(Aufnahme Photogr. Institut der Eidg. Techn. Hochschule.)

Aus all diesen Gründen haben wir besondere Kästen von je zirka $1 \times 1 \times 0{,}80$ m Größe aus Eternitplatten anfertigen lassen, im ganzen 6 für je 10 Versuchspflanzen; sie sind in Abb. 1 dargestellt. (Eternit ist eine Preßmasse aus Zement und Asbest.) Jeder Kasten wurde durch je eine Eternitbretterscheidewand in zwei übereinanderliegende Abteilungen geteilt, um die Wurzeln dem Einfluß des Narkotikums entziehen zu können. In die untere Abteilung wurden die Pflanzentöpfe derart gestellt, daß die oberirdischen Pflanzenteile durch die zu diesem Zwecke in den Eternit-Zwischenwänden ausgeschnittenen Löcher in die obere Abteilung — den Narkoseraum — hineinragten (Abb. 2). Die Spalten zwischen den Brettern wurden mit Gummistreifen, sämtliche Löcher mit Kork und mit einer Wachs-Vaselin-Kakaobuttermischung sorgfältig abgedichtet.

Für eine gleichmäßige Verteilung der Narkosedämpfe in den Kästen wurden diese inwendig mit elektrischen Ventilatoren versehen, die während des Versuches in Betrieb gehalten wurden.

Versuchsmaterial. Als Parasiten wurden zwei Pilzarten ausgewählt: *Alternaria brassicae* (Berk) Bolle, der ein fakultativer Parasit ist, und *Uromyces appendiculatus* (Pers.) Link., ein echter obligater Parasit.

Als Wirtspflanzen für *Alternaria* wurde verwendet: *Brassica oleracea* Blumenkohl-Sorte „le Cerf", für *Uromyces Phaseolus vulgaris* Sorte „Klosterfrauen". *Alternaria* in Reinkultur lieferte uns das Institut für Pilzkulturen in Baarn; der Pilz wurde von uns auf dem Malzagar weiter gezüchtet und nach Bedarf vermehrt. *Uromyces appendiculatus* wurde uns aus der Anstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau in Wädenswil geliefert, wo er im Sommer 1930 auf Bohnen erschienen war. Wir haben ihn jeweils auf frischen Bohnen von einer empfänglichen Sorte, „Graf Zeppelin", weiter kultiviert, und in Uredosporenstadium für die Impfung benutzt.

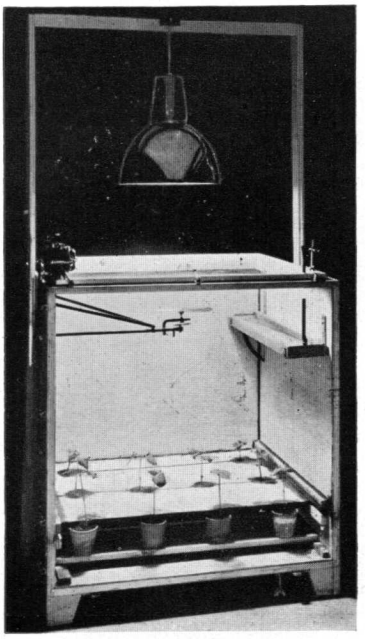

Abb. 2.
Innere Einrichtung eines Narkosekastens.
(Aufnahme Photogr. Institut der Eidg. Techn. Hochschule.)

Narkotika und ihre Dosierung. Alle Versuche wurden ausschließlich mit den Narkotika in gasförmigem Zustande ausgeführt. Es wurden verwendet Chloroform, Äthyläther und Äthylalkohol (absolut), mit denen auch auf pflanzenphysiologischem Gebiete zahlreiche Versuche ausgeführt worden sind.

Die Behandlung der Pflanzen mit dem Narkotikum wurde in der Weise ausgeführt, daß eine bestimmte, in Kubikzentimetern abgemessene Menge des flüssigen Narkotikums durch ein Glasröhrchen in ein flaches, doppelwandiges, in den Narkosekasten eingebautes Blechgefäß (Abb. 2) eingegossen wurde; zwischen die Doppelwände des Blechgefäßes wurde heißes bzw. siedendes Wasser geleitet und dadurch eine rasche Umwandlung des flüssigen Stoffes in Gasform erzielt.

Eine der schwierigsten Aufgaben war die Dosierung des Narkotikums, einmal weil keine allgemeine Narkotikumdosis für die Pflanzen vorgeschrieben ist, und dann, weil bis jetzt überhaupt keine Erklärung vorhanden ist, was Pflanzennarkose ist: ist es vorübergehende Lähmung der Atmungstätigkeit oder Störung der Assimilation oder anderer Lebensvorgänge der Pflanze. Dabei sind, wie aus der oben angegebenen Literaturbesprechung ersichtlich ist, nicht alle Lebensvorgänge des Pflanzenorganismus gegen ein- und dieselbe Narkotikumdosis gleich empfindlich. So hat in den Warburgschen Versuchen (1919) dieselbe Konzentration des Narkotikums (Phenylurethan) den Assimilationsvorgang einer Grünalge fast völlig gehemmt, dagegen die Atmung stark beschleunigt.

Unsere Versuche sind darum mit ganz willkürlichen Narkotikum-

mengen durchgeführt worden. Die Versuchseinrichtung erlaubte uns mit drei verschiedenen Konzentrationen des Narkotikums je zehn Pflanzen gleichzeitig zu behandeln. Als stärkste Konzentration wurde eine der hierfür in Betracht kommenden Grenzdosis naheliegende Menge des Narkotikums verwendet; als Grenzdosen bezeichnen wir hier solche Dosen, bei der die Pflanzen eine irreversible, zum Tode führende Schädigung zu erleiden beginnen; dieselbe haben wir für die einzelnen Versuchsreihen experimentell durch die Vorversuche approximativ festgestellt. Sie sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Tabelle 1.

**Die Grenzdosen des Chloroforms, des Äthers und des Alkohols für *Brassica oleracea* und *Phaseolus vulgaris* bei verschieden lang andauernden Narkosezeiten.**

| Dauer der Narkose | Grenzdosis des Narkotikums in ccm auf 1 m³ Luft für *Brassica oleracea* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Chloroform | Temperatur °C | Äther | Temperatur °C | Alkohol | Temperatur °C |
| 10 Minuten | 95—98 | ca. 12 | — | — | — | — |
| 15 „ | — | — | — | — | — | — |
| 2 Stunden | 87—90 | 15—18 | — | — | — | — |
| 12 „ | 75—79 | 22—24 | 725—760 | 21—23 | 30—33 | 19—24 |
| 48 „ | 66—70 | 20—24 | 680—710 | 20—24 | — | — |
| 84 „ | 42—45 | 20—23 | — | — | 16—20 | 17—21 |

| Dauer der Narkose | Grenzdosis des Narkotikums in ccm auf 1 m³ Luft für *Phaseolus vulgaris* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Chloroform | Temperatur °C | Äther | Temperatur °C | Alkohol | Temperatur °C |
| 10 Minuten | — | — | — | — | — | — |
| 15 „ | 75—82 | 20—21 | — | — | — | — |
| 2 Stunden | — | — | 715—740 | 21—22 | 33—36 | 20—22 |
| 12 „ | 62—66 | 20—22 | 610—645 | 21 - 22 | 27—29 | 19—21 |
| 48 „ | 40—46 | 20—22 | — | — | — | — |
| 84 „ | — | — | — | — | — | — |

Diese Dosen gelten nur für die angegebenen Temperaturen sowie für die anderen weiter unten angeführten Außenbedigungen, unter welchen unsere Versuche ausgeführt worden sind, d. h. einer Luftfeuchtigkeit von 80—95 % und einer Lampenbelichtung von 1000 Watt für jeden Kasten.

Die weiten Schwankungen der Empfindlichkeit innerhalb der bei der Grenzdosis verwendeten Mengen des Narkotikums, d. h. innerhalb der Mengen des Narkotikums, bei denen bald keine tödliche Wirkung der Narkose bemerkbar wird, bald alle Versuchspflanzen eingehen, sind nicht nur oder nicht so sehr aus der jeweils möglichen Ungenauigkeit der Abmessungen der Dosen zu erklären, als vielmehr aus der in Erfahrung gebrachten Tatsache, daß Pflanzen der gleichen Art, unter gleichen Außenbedingungen, gleicher Behandlungsart stark individuelle Unterschiede in

der Empfindlichkeit gegenüber dem Narkotikum zeigen. So wurden z. B. bei der Behandlung von Bohnenpflanzen während einer Narkosedauer von 15 Minuten mit 75 ccm Chloroform auf 1 cbm Luft von zehn Pflanzen zwei irreversibel geschädigt, bei der Behandlung während der gleichen Zeitdauer mit 82 ccm Chloroform auf 1 cbm Luft von zehn Pflanzen sieben getötet, die übrigen drei vermochten sich weiter zu entwickeln. Bei einer Konzentration mit weniger als 75 ccm Narkotikum unter gleichen Bedingungen blieben alle zehn Pflanzen am Leben, bei einer mit über 82 ccm Narkotikum ausgeführten Narkose gingen alle zehn Pflanzen ein.

Die weiteren Abstufungen der Narkotikumkonzentration wurden folgendermaßen vorgenommen: zunächst wurde als nächstschwächere Dosis eine um 25 % niedrigere und als schwächste Dosis eine zehnmal niedrigere Konzentration ausprobiert als die Höchstkonzentration betrug. Da aber die letztere Konzentration keine von den Kontrollpflanzen merkbar abweichende Wirkung mehr zeigte, wurde in den späteren Versuchen jeweils jede nächstschwächere Konzentration um $^1/_3$ kleiner genommen als die nächststärkere.

Bei den langandauernden Versuchen (von 12 Stunden an) wich die Konzentration des Narkotikums ziemlich stark von der ursprünglich gegebenen Menge ab. Die jeweilige Stärke der Narkotikumskonzentration wurde in einigen Probeversuchen in verschiedenen Zeitintervallen mittels eines von Herrn Prof. Dr. E. Baur uns freundlich zur Verfügung gestellten Gasinterferometers festgestellt. Die Differenzergebnisse sind aus folgender Tabelle zu ersehen:

Tabelle 2.

**Konzentrationsabnahme der Narkotika im Narkosekasten bei zunehmender Zeitdauer.**

| Zeitintervalle | Chloroform | Äther |
|---|---|---|
| Ursprüngliche Menge des Narkotikums in ccm auf 1 cbm Luft | 72,0 | 670 |
| Nach 15 Minuten " " " " " " 1 " " | 69,7 | 663 |
| " 1 Stunde " " " " " " 1 " " | 66,7 | 649 |
| " 2 Stunden " " " " " " 1 " " | 63,3 | 624 |
| " 4 " " " " " " " 1 " " | 58,8 | 588 |
| " 8 " " " " " " " 1 " " | 50,2 | 541 |
| " 24 " " " " " " " 1 " " | 42,6 | 426 |
| " 48 " " " " " " " 1 " " | 38,3 | 262 |

Die interferometrischen Messungen sind in von Pflanzen entleerten Kästen ausgeführt worden. Die Konzentrationsverminderung ist zum Teil durch die Absorbtion des Narkotikums in den Abdichtungsmitteln (Gummistreifen, Schiffskitt, Wachs-Vaselin-Kakaobuttergemisch), vielleicht auch im Eternit, zum größten Teil aber durch das Herausdiffundieren durch die kleinen, unsichtbaren Ritzen zu erklären.

Äußere Bedingungen. Sämtliche Versuche wurden bei möglichst gleichen Außenbedingungen ausgeführt, d. h. bei gleicher Belichtung,

gleicher Temperatur und gleicher Luftfeuchtigkeit. Tageslicht eignete sich nicht wegen der jeweils unterschiedlichen Intensität in den verschiedenen Jahres- bzw. Tageszeiten. Es wurde künstliches Licht benutzt und zwar 1000-Watt-Osram-Nitra-Lampen, je eine für jeden Kasten in einem Abstand von zirka 0,5 m oberhalb der oberen Glasscheibe des Kastens. Bei den 12 Stunden und noch kürzer dauernden Versuchen wurden die Pflanzen ständig belichtet, bei längeren Versuchen (24 Stunden und mehr) wurden 12 Stunden am Tage belichtet und während der Nacht 12 Stunden im Dunkel gelassen.

Schwieriger war es bei der Verwendung der obengenannten Lampen in den Kasten eine konstante Temperatur zu erhalten. Trotzdem über sämtliche Glasdeckscheiben der Versuchskästen dauernd fließendes Kühlwasser geleitet wurde, stieg die Temperatur in den Kästen sowohl wie im ganzen Versuchsraum dermaßen, daß erst beim Öffnen der Türe bzw. des Fensters die erforderliche Höhe und annähernde Gleichmäßigkeit der Temperatur zu erhalten war. Bei den längere Zeit (24 Stunden und mehr) dauernden Versuchen schwankte die Temperatur meistens zwischen 18 und 23° C (manchmal sank die Temperatur für kurze Zeit bis auf 17° C bzw. stieg bis auf 24° C), bei kürzeren Versuchen schwankte sie zwischen 19 und 22° C. Einige der ersten Versuche, die in einem damals noch nicht heizbaren Versuchsraume des neuerbauten Versuchshauses zur Winterzeit vorgenommen wurden, sind bei einer Temperatur von 13 bis 16° C ausgeführt worden.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Luft in den Kästen wurde bei der Ausführung der Narkose immer zwischen 75—95 %, als dem für die Auskeimung der Pilzsporen günstigsten, gehalten. Dieser hohe Feuchtigkeitsgrad wurde dadurch erzielt, daß zunächst Boden und Wände des Versuchsraumes mit Wasser bespritzt und daß die offengewesenen Kästen erst nach einiger Zeit geschlossen wurden. Der Boden der Kästen selber wurde gleichfalls leicht mit Wasser benetzt. Zur Temperatur- und Feuchtigkeitskontrolle stand in einem der Kasten ein Thermohygrograph, der von Zeit zu Zeit mit einem Psychrometer verglichen und je nach Bedarf korrigiert wurde.

Behandlung der Pflanzen. Für jeden Versuch wurden 60 Pflanzen der jeweils in Frage kommenden Art ausgewählt, die in gleichen Töpfen, unter gleichen Bedingungen aufgewachsen, gleichen Alters waren und möglichst gleiche Entwicklung zeigten. Sie wurden auf 6 Kästen zu je 10 Pflanzen verteilt. In drei der Kästen wurden die Pflanzen mit für jeden Kasten verschieden starken Narkotikumdosen behandelt und nachher infiziert (oder umgekehrt, erst infiziert, sodann narkotisiert); die übrigen drei Kästen dienten als Kontrolle: im ersten Kasten wurden die Pflanzen weder narkotisiert noch infiziert, im zweiten Kasten wurden sie narkotisiert, aber nicht infiziert und im dritten wurden sie infiziert, aber nicht narkotisiert.

Die Infektion wurde bei den Versuchen einesteils kurz vor der Narkose, anderenteils sofort nach der Beendigung der Narkose ausgeführt, so daß im ersten Falle Parasit und Wirtspflanzen gleichzeitig, im anderen nur die Wirtspflanzen narkotisiert wurden. Für die Infektion wurde eine Sporensuspension in Leitungswasser vorbereitet, mit der je zwei Blätter jeder Pflanze mittels eines Mundzerstäubers möglichst gleichmäßig beiderseits bestäubt wurden. Da die Blätter von *Brassica* eine Wachsschicht besitzen, wurde der Suspension 0,1 % Gelatine hinzugefügt, damit die Suspensionströpfchen besser an den Blättern haften blieben. Bei Bohnen war ein solcher Zusatz nicht nötig. Kontrollpflanzen, die nicht infiziert werden sollten, wurden mit reinem Wasser, *Brassica* mit Wasser unter Zusatz von 0,1 % Gelatine bestäubt. Nach der Narkose wurden die narkotisierten und die Kontrollpflanzen in die für die Infektion möglichst optimalen Bedingungen (feuchte Luft, entsprechende Temperatur) in eigens konstruierte Inkubationskammern gebracht.

Die Inkubationskammern wurden einfach aus den alten mit Glasscheiben versehenen Fensterflügeln in Form von zwei langen Kästen zusammengestellt. Die eine war ca. 3,75 m lang, 0,60 m breit und 0,60 m hoch, die andere 2,50 m lang, 0,60 m breit und 0,60 m hoch. Sie wurden in einer Abteilung des Treibhauses auf den mit Torfmull gefüllten Treibbeeten aufgestellt; diese mit Torfmull gefüllten Beete dienten zugleich als Boden für die Inkubationskammern. Das wichtigste in diesen Kammern waren je zwei entlang jedes Kastens seicht in den Torfmull eingegrabene mit elektrischen Heizspiralen versehene Heizröhren. Die Heizröhren waren mit einer Steuerung und einem Thermoelement verbunden, so daß eine konstante Temperatur im Innern der Kammern nach demselben Prinzip wie in Thermostaten erhalten werden konnte, jedoch mit dem Unterschied, daß die Amplitude der Temperaturschwankungen in unseren Inkubationskammern wegen der vereinfachten Konstruktion derselben etwas größer war als dies in Thermostaten der Fall zu sein pflegt, nämlich beinahe 2° C. Für unseren Zweck war das aber ohne jegliche praktische Bedeutung.

Die Pflanzen wurden auf vier einige Zentimeter über dem Boden der Inkubationskammern erhobene Bretter in gleichen Abständen nebeneinander aufgestellt. Alle 60 Pflanzen ein und desselben Versuches kamen in die gleiche Inkubationskammer, um gleiche Entwicklungsbedingungen (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Belichtungsintensität usw.) zu haben. Mit einem auf der Sonnenseite der Inkubationskammerabteilung des Treibhauses aufgehängten weißen Tuche wurden die Pflanzen vor den direkten Sonnenstrahlen geschützt. Die Inkubationskammer mit ihrer Einrichtung ist aus Abb. 3 ersichtlich.

Die Wirkung der Narkose auf die Wirtspflanzen wurde nach der Größe der Zunahme der Blattfläche beurteilt; zu diesem Zweck wurden je

2 Blätter jeder Pflanze vor dem Versuch (kurz vor der Narkose) und nach dem Versuch (d. h. nachdem die Krankheitssymptome erschienen waren) gemessen; die Zunahme der Blattfläche wurde sodann in Prozente, bezogen auf die ursprüngliche Blattfläche berechnet. Bei der Blattflächenmessung wurden zuerst die genauen Umrisse des Blattes auf Papier nachgezogen und diese Fläche dann mit einem Planimeter nachgemessen.

Die Beurteilung des Erkrankungsgrades der Pflanzen erfolgte hauptsächlich nach der Zahl der entstandenen Infektionsstellen, wobei auch die

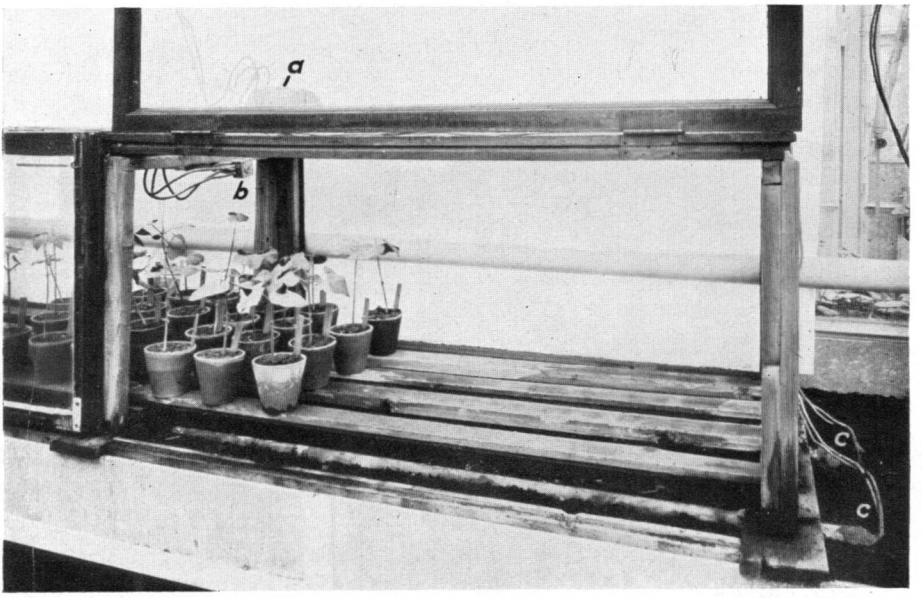


Abb. 3.
Inkubationskammer. a Steuerung, b Thermoelement, cc Heizröhren mit den zur Steuerung führenden Stromleitungen.
(Aufnahme Photogr. Institut der Eidg. Techn. Hochschule.)

anderen Merkmale, wie Größe der Infektionsstellen, Zeit des Erscheinens derselben (Inkubationszeit), Sporenbildung usw. mitberücksichtigt wurden.

Um den Erkrankungsgrad auch statistisch ausdrücken zu können, wurde die Zahl der Infektionsstellen pro 1 $cm^2$ des Blattes berechnet. Zwei Möglichkeiten waren dazu vorhanden: entweder die entstandenen Infektionsstellen auf die ursprünglichen, d. h. vor der Narkose gemessenen Blattflächen, oder auf die endgültigen, d. h. nach Beendigung des Versuches gemessenen zu beziehen. Das erstere Verfahren erschien als das genauere und zwar deshalb, weil die Pilzsporen bei den für die Keimung zusagenden Außenbedingungen schon einige Stunden nach der Infektion auskeimten, insofern sie sich überhaupt als keimfähig erwiesen. Eine bestimmte Anzahl von Infektionsstellen war demnach von Anfang an vorhanden, obgleich sie mit bloßem Auge noch nicht wahrzunehmen waren; ihre Zahl ist vom

späteren Wachstum des Blattes unabhängig. Was aber das Wachstum der Blätter anbetrifft, so ist es in vielen Fällen bei narkotisierten und nichtnarkotisierten Pflanzen sehr ungleich, wie später aus dem speziellen Teil zu ersehen sein wird. So kamen bei *Brassica oleracea* Fälle vor, wo die Zunahme der Blattfläche der narkotisierten Pflanzen am Schluß des Versuches zweimal größer war als bei den nichtnarkotisierten. Hätte man die Zahl der Infektionsstellen auf 1 $cm^2$ dieser endgültigen Blattfläche errechnet, so hätte es vorkommen können, daß stärker befallene Blätter als schwächer befallen aufgefaßt worden wären und umgekehrt: weil dieselbe Anzahl der Infektionsstellen, verteilt auf die größere Fläche, relativ kleiner erschienen wäre als die gleiche Anzahl, verteilt auf eine kleinere Fläche.

Schließlich durfte man die Berechnung der Infektionsstellen, bezogen auf die ursprüngliche Größe des Blattes, auch darum als die genauere annehmen, weil die Dichtigkeit der Infektionsstellen auf der Blattfläche (bei sonst gleichen Bedingungen) von der Menge der auf das Blatt gebrachten Sporen abhängt. Dabei sind wir geneigt, als sicher anzunehmen, daß den in der Suspension sich befindlichen Sporen bei der Bestäubung im Durchschnitt auf allen Pflanzen und allen Blättern eine gleichmäßige Verteilung zukam.

Beim weiteren Wachstum der Blätter kann aber diese Verteilung der Sporen stark variieren und zwar um so stärker, je größer die Differenz der Blattflächezunahme bei den verschieden behandelten (narkotisierten und nichtnarkotisierten) Pflanzen ist. Dieser Variation der Sporenverteilung entsprechend ändert sich auch die spätere Bildung der Infektionsstellen. Würden also dieselben auf die endgültige Blattfläche berechnet, so könnte man nicht unterscheiden, ob die Differenzen der Dichtigkeit der Infektionsstellen der mit Narkotikum behandelten und der nichtbehandelten Pflanzen auf die Behandlung bzw. Nichtbehandlung zurückzuführen seien oder ob sie auf die bei dem ungleichen Wachstum der Blätter entstandene ungleichmäßige sekundäre Sporenverteilung (der späteren Infektionsstellen) beruhe.

### 4. Versuche mit *Alternaria brassicae* auf Blumenkohl.

Versuche mit *Alternaria brassicae* auf Blumenkohl wurden nur mit einer Sorte vorgenommen, nämlich mit der Sorte „le Cerf", wie schon erwähnt wurde. Als Versuchsexemplare dienten junge Pflanzen mit 4 bis 5 entwickelten Blättern. Von jeder Pflanze kamen für die Behandlung nur je zwei Blätter in Betracht, weil alle Blätter einzeln zu behandeln, d. h. die Fläche auszumessen, zu infizieren und die Infektionsstellen zu zählen zuviel Zeit in Anspruch genommen hätte. Als erstes Blatt wird in den Tabellen immer das oberste bezeichnet, d. h. das jüngste, frisch aus der Knospe entwickelte, und als zweites das nächstältere. Bei den

Vorversuchen wurde beobachtet, daß die beiden Blätter wegen des ungleichen Alters und der ungleichen Entwicklung gegen den *Alternaria*-befall sich nicht gleich verhalten; darum ist die Zahl der Infektionsstellen für jedes der beiden Blätter in den Tabellen gesondert angegeben. Ein Unterschied des Einflusses der Narkose auf das Wachstum der beiden Kategorien der Blätter, d. h. einerseits der jüngeren und anderseits der älteren Blätter war nicht festzustellen, deshalb ist die Zunahme der Fläche beider Blätter zusammen genommen ausgerechnet worden.

Die Versuche sind im Frühjahr begonnen worden und dauerten von Ende März bis Ende Juli 1931. Diese Zeit ist gerade recht günstig für die Infektion, weil *Alternaria brassicae* ein wärmeliebender Pilz ist. Die Temperatur in den Inkubationskammern wurde in der Nacht und an sonnenscheinlosen Tagen ständig auf 20 bis 22° C gehalten; an sonnigen Tagen stieg sie um die Mittagszeit bis auf 35° C. Durch Anfeuchtung des Bodens der Kammern wurde die Luft stets feucht gehalten (zirka 90 bis 95% relative Feuchtigkeit). Unter solchen Bedingungen zeigten sich die ersten Infektionsstellen auf den Blättern schon am dritten Tag nach der Infektion als kleine dunkle Pünktchen. Nach fünf bis sechs Tagen nach der Beimpfung waren sämtliche Infektionsstellen deutlich herausgebildet. Nach dieser Frist wurden sie ausgezählt und zugleich wurden auch die zweiten Blattflächenmessungen vorgenommen.

Das weitere Verhalten der Infektionsstellen richtete sich je nach den Bedingungen: wurden die Pflanzen aus den Inkubationskammern herausgenommen und in das Treibhaus gestellt, so unterblieb die weitere Entwicklung der Flecken gänzlich (vermutlich wegen der zu geringen Luftfeuchtigkeit); wurden sie aber in den Inkubationskammern weiter belassen, so vergrößerten sich die Flecken weiter, so daß manche von ihnen einen Durchmesser von einigen mm aufwiesen. Nach ca. zwei Wochen begannen sich schon einzelne Sporen zu bilden, nach einigen weiteren Tagen nahm auf diesen großen Flecken die Sporenbildung spontan zu. Um diese Zeit herum begannen die betreffenden Blätter, besonders die älteren, mehr oder weniger gelb zu werden und abzufallen. Die Mehrzahl der Infektionsstellen blieb dagegen nach Erreichung einer meist nur geringen Größe in ihrer Entwicklung stehen (manche wurden nicht größer als kleine Pünktchen) und entwickelten auch bis zum Abfallen des Blattes keine Sporen.

Alle von uns vorgenommenen Narkoseversuche mit *Alternaria brassicae* als Parasit und Blumenkohl als Wirtspflanze zerfallen in drei Gruppen: a) Versuche mit Chloroform-, b) mit Äther- und c) mit Alkoholnarkose. Die meisten Versuche wurden der größeren Sicherheit wegen dreimal wiederholt.

### a) Versuche mit Chloroformnarkose.

Sämtliche Ergebnisse dieser Versuche, d. h. die Wirkung der Chloroformnarkose sowohl auf den Befall des Blumenkohls durch *Alternaria* als

auch auf das Wachstum der Blätter sind in den Tabellen 3—10 zusammengestellt. Es sei zunächst die Wirkung der Chloroformnarkose auf den Befall des Blumenkohls durch den Pilz besprochen.

Betrachtet man zunächst die Wirkung der kurzandauernden Chloroformnarkose, so sieht man, daß eine 10minutige Einwirkung des Chloroforms (Tabelle 3) auf den Befall der Pflanzen durch den Pilz noch keinen merkbaren Einfluß zeigt. Auch die bei einer 2stündigen Chloroformnarkose in bezug auf den Befall durch den Pilz entstehenden Unterschiede zwischen den mit verschieden starken Konzentrationen narkotisierten und den nichtnarkotisierten Pflanzen liegen ausschließlich innerhalb des Bereiches des mittleren Fehlers (Tabelle 4 und 5).

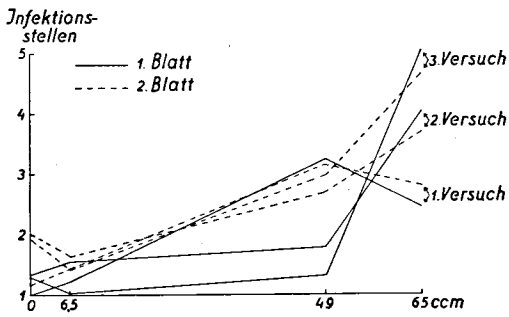


Abb. 4.
Anzahl der Infektionsstellen pro qcm des Blattes auf nichtnarkotisierten und 48 Stunden lang mit drei verschiedenen Chloroformkonzentrationen nach der Infektion narkotisierten Blumenkohlpflanzen. 0 = ohne Narkosebehandlung.

Bei 12stündiger Dauer der Narkose läßt sich in der Mehrzahl der Fälle die Tendenz zu einer größeren Empfänglichkeit für Pilzbefall der narkotisierten Pflanzen gegenüber den nichtnarkotisierten erkennen, wie das aus den Tabellen 6—8 ersichtlich ist; diese Tendenz, die übrigens im Vergleich mit dem mittleren Fehler ganz gering ist, zeigen nur die mit stärksten Konzentrationen (72 und 53 ccm) behandelten Pflanzen.

Der Unterschied im Pilzbefall zwischen den vor der Infektion (Tabelle 6) und den nach der Infektion (Tabelle 7 und 8) narkotisierten Pflanzen ist kaum nennenswert. Im ersteren Falle sind die Differenzen etwas geringer als in den beiden anderen, aber wenn der mittlere Fehler berücksichtigt wird, so ist es nicht ausgeschlossen, daß es sich hier um einen Zufall handelt.

Die Beobachtungen über die Inkubationszeit, über die Größe der Infektionsstellen und über die Sporenbildung ließen bei 10minutiger, 2- und 12stündiger Narkose keine Unterschiede zwischen den narkotisierten und den Kontrollpflanzen erkennen.

In Tabelle 9 und Abb. 4 sind die Ergebnisse der 48stündigen Narkose zusammengefaßt.

Die Neigung der mit stärkster Dosis narkotisierten Pflanzen stärker durch den Parasiten befallen zu werden als die nichtnarkotisierten Parallelexemplare, tritt hier viel deutlicher hervor als bei der 12stündigen Narkose, und die Differenz ist außerhalb der Grenzen des mittleren Fehlers; dagegen schwanken die Unterschiede zwischen den mit den zwei nächst-

Tabelle 3.

**Einfluß der zehnminutigen Chloroformnarkose (vor der Infektion) auf den Befall von *Brassica oleracea* durch *Alternaria brassicae*.**

| Verfahren | Zunahme der Blattfläche in % | | | Zahl der Infektionsstellen je qcm | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 1. Versuch | | 2. Versuch | | 3. Versuch | |
| | 1. Versuch | 2. Versuch | 3. Versuch | 1. Blatt | 2. Blatt | 1. Blatt | 2. Blatt | 1. Blatt | 2. Blatt |
| 1. Ohne Narkose Ohne Infektion | 11,9 ± 1,81 | 9,9 ± 1,24 | 14,8 ± 1,60 | — | — | — | — | — | — |
| 2. Narkose mit 92 ccm Chloroform Ohne Infektion | 16,6 ± 1,86 | 9,1 ± 0,49 | 16,4 ± 1,30 | — | — | — | — | — | — |
| 3. Ohne Narkose Infiziert | 13,1 ± 1,68 | 9,0 ± 1,13 | 9,1 ± 1,20 | 6,40 ± 0,81 | 6,21 ± 0,43 | 5,42 ± 0,56 | 8,17 ± 0,68 | 9,98 ± 1,27 | 7,78 ± 0,84 |
| 4. Narkose mit 9,2 ccm Chloroform Infiziert | 12,4 ± 1,44 | 8,0 ± 0,59 | 12,0 ± 0,83 | 5,06 ± 0,58 | 4,21 ± 0,42 | 5,41 ± 0,72 | 9,98 ± 0,77 | 6,70 ± 0,87 | 8,48 ± 0,68 |
| 5. Narkose mit 70 ccm Chloroform Infiziert | 18,1 ± 2,19 | 9,3 ± 0,61 | 16,1 ± 1,30 | 4,94 ± 0,63 | 5,93 ± 0,57 | 5,28 ± 0,71 | 7,66 ± 0,61 | 11,01 ± 0,68 | 9,95 ± 0,87 |
| 6. Narkose mit 92 ccm Chloroform Infiziert | 11,1 ± 2,13 | 6,6 ± 0,72 | 13,9 ± 0,98 | 6,24 ± 1,11 | 5,88 ± 0,49 | 6,92 ± 0,71 | 9,40 ± 0,63 | 8,48 ± 1,28 | 9,30 ± 0,73 |

Tabelle 4.

**Einfluß der zweistündigen Chloroformnarkose (nach der Infektion) auf den Befall von *Brassica oleracea* durch *Alternaria brassicae*.**

| Verfahren | Zunahme der Blattfläche in % | | | Zahl der Infektionsstellen je qcm | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 1. Versuch | | 2. Versuch | | 3. Versuch | |
| | 1. Versuch | 2. Versuch | 3. Versuch | 1. Blatt | 2. Blatt | 1. Blatt | 2. Blatt | 1. Blatt | 2. Blatt |
| 1. Ohne Narkose Ohne Infektion | 17,4 ± 1,87 | 16,7 ± 2,06 | 11,7 ± 0,84 | — | — | — | — | — | — |
| 2. Narkose mit 83 ccm Chloroform Ohne Infektion | 32,1 ± 3,03 | 27,5 ± 2,57 | 24,8 ± 0,93 | — | — | — | — | — | — |
| 3. Ohne Narkose Infiziert | 18,3 ± 2,21 | 15,8 ± 1,32 | 7,6 ± 0,51 | 1,25 ± 0,27 | 1,37 ± 0,25 | 2,29 ± 0,34 | 3,73 ± 0,71 | 6,15 ± 0,61 | 4,34 ± 0,64 |
| 4. Narkose mit 8,3 ccm Chloroform Infiziert | 17,0 ± 2,35 | 12,0 ± 1,23 | 6,5 ± 0,82 | 0,71 ± 0,16 | 0,70 ± 0,14 | 3,91 ± 0,51 | 3,15 ± 0,42 | 6,75 ± 1,81 | 4,98 ± 0,61 |
| 5. Narkose mit 62 ccm Chloroform Infiziert | 26,9 ± 2,60 | 24,2 ± 2,40 | 20,3 ± 1,41 | 1,47 ± 0,40 | 0,85 ± 0,18 | 4,92 ± 0,64 | 5,42 ± 0,86 | 4,39 ± 0,87 | 2,83 ± 0,60 |
| 6. Narkose mit 83 ccm Chloroform Infiziert | 29,8 ± 2,22 | 24,7 ± 2,42 | 16,9 ± 1,40 | 1,40 ± 0,27 | 0,74 ± 0,21 | 5,01 ± 0,87 | 5,46 ± 0,78 | 4,27 ± 0,34 | 3,38 ± 0,40 |

Tabelle 5.

**Einfluß der zweistündigen Chloroformnarkose (nach der Infektion) auf den Befall von *Brassica oleracea* durch *Alternaria brassicae*.**

| Verfahren | Zunahme der Blattfläche in % | | | Zahl der Infektionsstellen je qcm | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 1. Versuch | | 2. Versuch | | 3. Versuch | |
| | 1. Versuch | 2. Versuch | 3. Versuch | 1. Blatt | 2. Blatt | 1. Blatt | 2. Blatt | 1. Blatt | 2. Blatt |
| 1. Ohne Narkose Ohne Infektion . . . . . | 15,0 ± 2,71 | 10,6 ± 1,11 | 15,3 ± 2,48 | — | — | — | — | — | — |
| 2. Narkose mit 48 ccm Chloroform Ohne Infektion . . . . . | 27,2 ± 2,73 | 25,4 ± 1,95 | 12,3 ± 3,64 | — | — | — | — | — | — |
| 3. Ohne Narkose Infiziert . . . . . | 9,5 ± 1,20 | 9,0 ± 0,45 | 31,8 ± 4,34 | 5,78 ± 0,42 | 4,68 ± 0,52 | 4,45 ± 0,56 | 4,52 ± 0,54 | 6,11 ± 0,96 | 5,83 ± 0,83 |
| 4. Narkose mit 4,8 ccm Chloroform Infiziert . . . . . | 7,8 ± 1,11 | 8,5 ± 0,97 | 12,0 ± 2,17 | 4,19 ± 0,39 | 3,34 ± 0,61 | 4,40 ± 0,60 | 4,66 ± 0,51 | 4,35 ± 0,54 | 4,45 ± 0,40 |
| 5. Narkose mit 36 ccm Chloroform Infiziert . . . . . | 16,3 ± 1,83 | 13,9 ± 1,14 | 15,9 ± 1,90 | 4,56 ± 0,53 | 5,44 ± 0,91 | 5,48 ± 0,52 | 5,25 ± 0,39 | 5,45 ± 0,58 | 4,25 ± 0,75 |
| 6. Narkose mit 48 ccm Chloroform Infiziert . . . . . | 13,8 ± 1,50 | 17,3 ± 1,20 | 20,6 ± 1,61 | 5,91 ± 0,86 | 6,13 ± 0,43 | 5,56 ± 0,46 | 5,37 ± 0,33 | 4,09 ± 0,44 | 4,29 ± 0,81 |

Tabelle 6.

**Einfluß der zwölfstündigen Chloroformnarkose (vor der Infektion) auf den Befall von *Brassica oleracea* durch *Alternaria brassicae***

| Verfahren | Zunahme der Blattfläche in % | | | Zahl der Infektionsstellen je qcm | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 1. Versuch | | 2. Versuch | | 3. Versuch | |
| | 1. Versuch | 2. Versuch | 3. Versuch | 1. Blatt | 2. Blatt | 1. Blatt | 2. Blatt | 1. Blatt | 2. Blatt |
| 1. Ohne Narkose Ohne Infektion . . . . . | 23,7 ± 3,23 | 19,5 ± 1,90 | 22,5 ± 2,62 | – | — | — | — | — | — |
| 2. Narkose mit 72 ccm Chloroform Ohne Infektion . . . . . | 42,0 ± 4,60 | 27,2 ± 0,95 | 38,2 ± 2,11 | — | — | — | — | — | — |
| 3. Ohne Narkose Infiziert . . . . . | 23,1 ± 4,40 | 13,1 ± 1,30 | 21,8 ± 2,49 | 0,67 ± 0,15 | 0,63 ± 0,14 | 2,90 ± 0,45 | 2,16 ± 0,42 | 4,76 ± 0,60 | 3,80 ± 0,37 |
| 4. Narkose mit 24 ccm Chloroform Infiziert . . . . . | 38,9 ± 3,68 | 24,7 ± 2,78 | 32,2 ± 1,82 | 0,63 ± 0,12 | 0,90 ± 0,19 | 2,94 ± 0,38 | 1,92 ± 0,31 | 5,12 ± 0,40 | 3,64 ± 0,52 |
| 5. Narkose mit 48 ccm Chloroform Infiziert . . . . . | 34,3 ± 3,98 | 22,9 ± 1,39 | 37,1 ± 2,48 | 0,85 ± 0,20 | 0,76 ± 0,15 | 2,53 ± 0,34 | 1,95 ± 0,14 | 6,30 ± 0,56 | 4,17 ± 0,48 |
| 6. Narkose mit 72 ccm Chloroform Infiziert . . . . . | 32,3 ± 2,38 | 24,7 ± 1,70 | 33,5 ± 2,49 | 0,77 ± 0,26 | 0,91 ± 0,11 | 3,39 ± 0,62 | 2,04 ± 0,29 | 5,15 ± 0,45 | 3,54 ± 0,34 |

schwächeren Konzentrationen narkotisierten und den Kontrollpflanzen wiederum im Bereiche des mittleren Fehlers.

An den im dritten Versuch behandelten Pflanzen wurden weitere Beobachtungen gemacht und folgendes festgestellt: Auf den infizierten Blättern der starknarkotisierten Pflanzen (mit 65 ccm Chloroform) entwickelten sich in 10 Tagen nach der Unterbrechung der Narkose mehrere Infektionsstellen zu Flecken von beträchtlicher Größe (manche bis zu 5 mm im Durchmesser), auf denen sich bald schon zahlreiche junge Sporen bildeten. Auf den Blättern der Pflanzen, die mit der nächstschwächeren Dosis (49 ccm) behandelt wurden, entwickelten sich ebenfalls viele Infektionsstellen zu größeren Flecken, aber die Sporenbildung war hier noch gering. Auf den nichtnarkotisierten und schwachnarkotisierten Pflanzen erreichten die größten Infektionsstellen höchstens einen Durchmesser von 2—3 mm; es konnten aber auf ihnen keine Sporen gefunden werden.

Zu einem ganz unerwarteten Ergebnis hat der Versuch mit 84stündiger Narkose geführt. Analog der Wirkung der 12 bzw. 48stündigen Narkose konnte man erwarten, daß noch länger narkotisierte Pflanzen auch einen größeren Unterschied im Befall durch den Pilz gegenüber den nichtnarkotisierten zeigen würden. In unserem Versuche war das aber nicht der Fall. Die Anzahl der gebildeten Infektionsstellen ist, wie aus Tabelle 10 ersichtlich ist, fast gleich groß sowohl auf den narkotisierten wie auf den Kontrollpflanzen. Selbst die stärkste Narkotikumdosis (45 ccm), unter deren Einwirkung die Pflanzen so geschwächt worden sind, daß nach zwei Wochen von allen 10 Pflanzen nur noch einige Blätter am Leben blieben, hat keine Steigerung des Befalls ausgeübt.

Die weitere Entwicklung der Infektionsstellen wurde zwei Wochen nach der Unterbrechung der Narkose geprüft. Es wurde der Durchmesser von je zehn der größten Infektionsstellen auf jedem Blatte gemessen und deren durchschnittliche Größe errechnet. Es ist aber auch hier keine Regelmäßigkeit vorhanden: auf den ersten (d. h. den jüngsten) Blättern wurden die Infektionsstellen bei nichtnarkotisierten und schwachnarkotisierten Pflanzen kleiner als bei mittelstark narkotisierten; auf den zweiten (d. h. den älteren) Blättern sind die Verhältnisse gerade umgekehrt. Auf den wenigen noch am Leben gebliebenen Blättern der starknarkotisierten Pflanzen wurden einige große Infektionsstellen, 3 bis 6 mm im Durchmesser gebildet.

Das starkabweichende der Ergebnisse der 84stündigen Narkose im Vergleich zu denen der 12- und 48stündigen ist zur Zeit nicht zu erklären; doch ist wahrscheinlich, daß die kürzer andauernde Narkose (12 und 48 Stunden) auf die Virulenz des Pilzes anders wirkt als die langandauernde (84 Stunden); möglicherweise ist diese Wirkung auch auf die Empfänglichkeit der Wirtspflanze für den Parasiten anders.

Tabelle 7.

**Einfluß der zwölfstündigen Chloroformnarkose (nach der Infektion) auf den Befall von *Brassica oleracea* durch *Alternaria brassicae*.**

| Verfahren | Zunahme der Blattfläche in % | | | Zahl der Infektionsstellen je qcm | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 1. Versuch | | 2. Versuch | | 3. Versuch | |
| | 1. Versuch | 2. Versuch | 3. Versuch | 1. Blatt | 2. Blatt | 1. Blatt | 2. Blatt | 1. Blatt | 2. Blatt |
| 1. Ohne Narkose Ohne Infektion . . . . . | 16,0 ± 1,87 | 16,4 ± 2,06 | 8,9 ± 1,32 | — | — | — | — | — | — |
| 2. Narkose mit 53 ccm Chloroform Ohne Infektion . . . . . | 27,7 ± 2,59 | 35,5 ± 2,91 | 29,7 ± 2,81 | — | — | — | — | — | — |
| 3. Ohne Narkose Infiziert . . . . . | 13,5 ± 1,10 | 14,7 ± 1,58 | 7,3 ± 1,04 | 1,19 ± 0,24 | 1,55 ± 0,35 | 3,55 ± 0,27 | 4,00 ± 0,40 | 2,97 ± 0,40 | 3,46 ± 0,50 |
| 4. Narkose mit 5,3 ccm Chloroform Infiziert . . . . . | 17,3 ± 1,97 | 15,5 ± 1,48 | 7,4 ± 1,11 | 1,26 ± 0,23 | 1,67 ± 0,22 | 3,65 ± 0,60 | 3,98 ± 0,64 | 1,63 ± 0,26 | 2,24 ± 0,29 |
| 5. Narkose mit 40 ccm Chloroform Infiziert . . . . . | 23,5 ± 1,42 | 28,8 ± 1,62 | 23,2 ± 2,36 | 2,47 ± 0,50 | 1,68 − 0,29 | 4,63 ± 0,32 | 4,31 ± 0,30 | 4,37 ± 0,68 | 3,15 ± 0,43 |
| 6. Narkose mit 53 ccm Chloroform Infiziert . . . . . | 22,6 ± 1,74 | 27,6 ± 2,16 | 20,8 ± 1,40 | 3,10 ± 0,42 | 1,92 ± 0,28 | 5,30 ± 0,65 | 4,77 ± 0,44 | 4,26 ± 0,41 | 3,70 ± 0,51 |

Tabelle 8.

**Einfluß der zwölfstündigen Chloroformnarkose (nach der Infektion) auf den Befall von *Brassica oleracea* durch *Alternaria brassicae*.**

| Verfahren | Zunahme der Blattfläche in % | | | Zahl der Infektionsstellen je qcm | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 1. Versuch | | 2. Versuch | | 3. Versuch | |
| | 1. Versuch | 2. Versuch | 3. Versuch | 1. Blatt | 2. Blatt | 1. Blatt | 2. Blatt | 1. Blatt | 2. Blatt |
| 1. Ohne Narkose Ohne Infektion . . . . . | 22,3 ± 2,42 | 35,9 ± 4,10 | 15,3 ± 1,69 | — | — | — | — | — | — |
| 2. Narkose mit 72 ccm Chloroform Ohne Infektion . . . . . | 34,4 ± 2,36 | 57,6 ± 2,62 | 29,9 ± 2,14 | — | — | — | — | — | — |
| 3. Ohne Narkose Infiziert . . . . . | 13,5 ± 2,80 | 23,7 ± 2,59 | 12,4 ± 1,31 | 1,82 ± 0,17 | 1,59 ± 0,25 | 6,02 ± 0,91 | 6,61 ± 1,13 | 8,35 ± 0,70 | 8,02 ± 0,75 |
| 4. Narkose mit 24 ccm Chloroform Infiziert . . . . . | 31,6 ± 2,33 | 35,7 ± 3,43 | 30,6 ± 2,53 | 2,78 ± 0,41 | 1,50 ± 0,14 | 5,30 ± 0,53 | 5,32 ± 1,02 | 10,40 ± 0,82 | 8,19 ± 0,53 |
| 5. Narkose mit 48 ccm Chloroform Infiziert . . . . . | 26,6 ± 1,06 | 40,6 ± 3,40 | 22,0 ± 1,69 | 2,28 ± 0,37 | 1,35 ± 0,24 | 5,45 ± 0,53 | 5,37 ± 0,40 | 8,87 ± 0,82 | 8,64 ± 0,87 |
| 6. Narkose mit 72 ccm Chloroform Infiziert . . . . . | 25,9 ± 1,39 | 35,7 ± 2,26 | 20,8 ± 1,28 | 2,57 ± 0,46 | 2,17 ± 0,24 | 5,41 ± 0,64 | 6,06 ± 0,85 | 12,65 ± 0,95 | 10,68 ± 0,69 |

Wir gehen über zur kurzen Besprechung der Wirkung der Chloroformnarkose auf die Wirtspflanze selbst. Wie schon im methodischen Teil gesagt worden ist, benutzen wir als Maßstab der Wirkung der Narkose auf die Pflanze die Zunahme der Blattfläche, die in Tabellen in Prozent, bezogen auf die ursprüngliche, d. h. auf die vor der Narkose gemessene Blattfläche, berechnet ist.

Betrachtet man zunächst die Wirkung der zehnminutigen Chloroformnarkose, deren Ergebnisse in Tabelle 3 zusammengefaßt sind, so sieht man noch keine Regelmäßigkeit in der Zunahme der Blattfläche der narkotisierten sowie der nichtnarkotisierten Pflanzen.

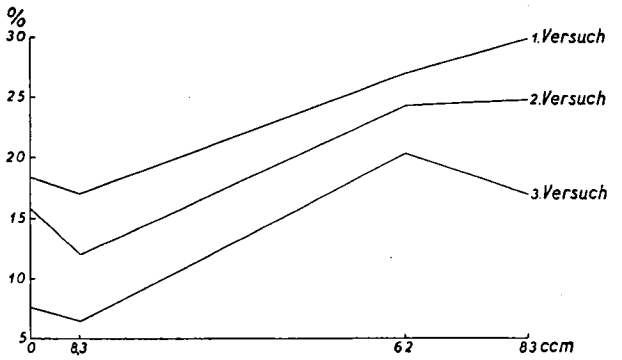


Abb. 5.
Zunahme der Blattfläche in Prozent bei nichtnarkotisierten und zwei Stunden lang mit drei verschiedenen Chloroformkonzentrationen narkotisierten Blumenkohlpflanzen.
0 = ohne Narkosebehandlung.

Die zweistündige Narkose, die, wie wir schon oben erwähnt haben, noch keine Wirkung auf den Befall der Pflanzen ausübt, beeinflußt dagegen das Wachstum der Blätter ganz deutlich, was aus den Tabellen 4 und 5 zu ersehen ist. Die Zunahme der Blattfläche ist nämlich bei den mit stärkeren Konzentrationen (83 und 62 ccm) narkotisierten Pflanzen zwei bis dreimal größer als bei den nichtnarkotisierten und den schwachnarkotisierten [1]). Graphisch ist dies in Abb. 5 dargestellt, wo auf der Abszisse die Narkotikumkonzentration, auf der Ordinate die Zunahme der Blattfläche in Prozent aufgetragen ist.

Die Wirkung der zwölfstündigen Chloroformnarkose auf das Wachstum der Blätter (Tabelle 6, 7 und 8) ist im großen ganzen genommen eine ähnliche wie die der zweistündigen: das Wachstum der Blätter der

[1]) Von allen sechs dabei vorgenommenen Versuchen bildet eine Ausnahme nur ein einziger Versuch (Tabelle 5, Versuch 3), wo die nichtnarkotisierten Pflanzen eine größere Blattflächezunahme zeigen im Vergleich zur narkotisierten. Hier handelt es sich aber wahrscheinlich um eine von uns begangene Ungenauigkeit entweder bei der Auswahl der Pflanzen oder beim Messen der Blattfläche.

Tabelle 9.

**Einfluß der 48stündigen Chloroformnarkose (nach der Infektion) auf den Befall von *Brassica oleracea* durch *Alternaria brassicae*.**

| Verfahren | Zunahme der Blattfläche in % | | | Zahl der Infektionsstellen je qcm | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 1. Versuch | | 2. Versuch | | 3. Versuch | |
| | 1. Versuch | 2. Versuch | 3. Versuch | 1. Blatt | 2. Blatt | 1. Blatt | 2. Blatt | 1. Blatt | 2. Blatt |
| 1. Ohne Narkose Ohne Infektion . . . . . | 14,7 ± 1,31 | 17,7 ± 1,92 | 17,0 ± 1,46 | — | — | — | — | — | — |
| 2. Narkose mit 65 ccm Chloroform Ohne Infektion . . . . . | 23,4 ± 1,78 | 22,5 ± 0,83 | 25,9 ± 0,88 | — | — | — | — | — | — |
| 3. Ohne Narkose Infiziert . . . . . | 14,6 ± 1,45 | 14,0 ± 0,86 | 15,8 ± 2,34 | 1,00 ± 0,15 | 1,17 ± 0,20 | 1,34 ± 0,26 | 2,02 ± 0,41 | 1,30 ± 0,13 | 1,95 ± 0,21 |
| 4. Narkose mit 6,5 ccm Chloroform Infiziert . . . . . | 17,0 ± 1,67 | 20,6 ± 2,05 | 15,0 ± 1,59 | 1,21 ± 0,25 | 1,44 ± 0,38 | 1,55 ± 0,30 | 1,64 ± 0,23 | 1,04 ± 0,13 | 1,44 ± 0,23 |
| 5. Narkose mit 49 ccm Chloroform Infiziert . . . . . | 17,5 ± 1,12 | 17,3 ± 1,06 | 17,2 ± 1,66 | 3,24 ± 1,12 | 3,15 ± 0,70 | 1,79 ± 0,49 | 2,68 ± 0,73 | 1,32 ± 0,24 | 2,97 ± 0,17 |
| 6. Narkose mit 65 ccm Chloroform Infiziert . . . . . | 22,5 ± 1,46 | 19,7 ± 1,59 | 18,0 ± 1,05 | 2,45 ± 0,54 | 2,81 ± 0,56 | 4,06 ± 0,77 | 3,69 ± 0,45 | 5,05 ± 1,10 | 4,67 ± 0,48 |

narkotisierten Pflanzen ist in der Regel deutlich beschleunigt im Gegensatz zu dem der Kontrollpflanzen. Ein Unterschied in der Wirkung der zweistündigen Narkose besteht nur darin, daß die Beschleunigung bei der zwölfstündigen Narkose ihr Maximum bei den mittelstark-, in manchen Versuchen sogar bei den schwachnarkotisierten Pflanzen erreicht, dagegen liegt in den zweistündigen Narkoseversuchen der Höhepunkt in der Regel bei den starknarkotisierten Pflanzen (in Versuchen, wo die schwächste Chloroformdosis im Vergleich zur stärksten eine zehnmal kleinere verwendet wurde, zeigt die Zunahme der mit dieser kleinsten Menge narkotisierten Pflanzen noch keine sichere Beschleunigung im Verhältnis zu den Kontrollpflanzen). Die typische Wirkung der 12stündigen Chloroformnarkose auf die Zunahme der Blattfläche ist graphisch in Abb. 6 dargestellt.

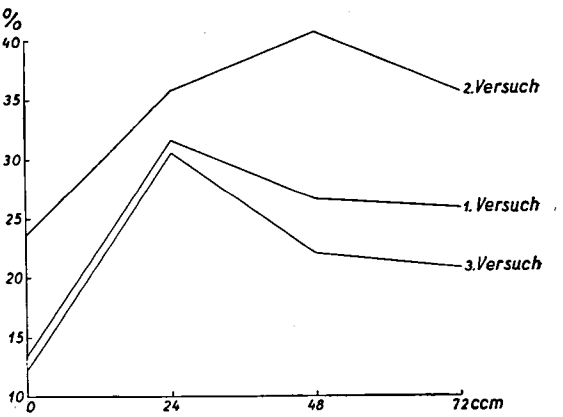


Abb. 6.
Zunahme der Blattfläche in Prozent bei nichtnarkotisierten und zwölf Stunden lang mit drei verschiedenen Chloroformkonzentrationen narkotisierten Blumenkohlpflanzen. 0 = ohne Narkosebehandlung.

Tabelle 10.

**Einfluß der 84stündigen Chloroformnarkose (nach der Infektion) auf den Befall von *Brassica oleracea* durch *Alternaria brassicae*.**

| Verfahren | Zunahme der Blattfläche in % | Zahl der Infektionsstellen je qcm | | Durchmesser der Infektionsstellen in mm | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1. Blatt | 2. Blatt | 1. Blatt | 2. Blatt |
| 1. Ohne Narkose Ohne Infektion | 33,3±5,22 | — | — | — | — |
| 2. Narkose mit 30 ccm Chloroform Ohne Infektion | 39,0±1,52 | — | — | — | — |
| 3. Ohne Narkose Infiziert | 26,5±2,63 | 5,66±0,64 | 6,47±0,65 | 0,84±0,08 | 1,98±0,15 |
| 4. Narkose mit 15 ccm Chloroform Infiziert | 45,6±2,09 | 6,25±0,38 | 5,34±0,58 | 0,64±0,04 | 0,85±0,04 |
| 5. Narkose mit 30 ccm Chloroform Infiziert | 29,2±2,67 | 6,60±0,44 | 6,26±0,55 | 1,00±0,08 | 0,83±0,05 |
| 6. Narkose mit 45 ccm Chloroform Infiziert | 9,6±2,07 | 5,43±0,38 | 5,67±0,66 | —[1]) | — |

[1]) Die mit dieser Konzentration narkotisierten Pflanzen waren zur Zeit der Infektionsstellenausmessung so stark geschädigt, daß auf allen zehn Pflanzen nur noch einige Blätter heil geblieben waren.

Bei langandauernder Narkose, nämlich bei der 48 und 84stündigen wirkt neben dem das Wachstum der Blätter beschleunigenden Faktor vermutlich noch ein hemmender. Bei der 48stündigen Chloroformeinwirkung sieht man noch eine wachstumsbeschleunigende Tendenz der Narkose, die Differenzen zwischen der Zunahme der Blattfläche der narkotisierten und der der nichtnarkotisierten Pflanzen liegen jedoch durchschnittlich im Bereiche des mittleren Fehlers (Tabelle 9).

Der wachstumshemmende Faktor tritt bei der 84stündigen Narkose noch deutlicher hervor als bei der 48stündigen, was aus Tabelle 10 und Abb. 7 ersichtlich ist.

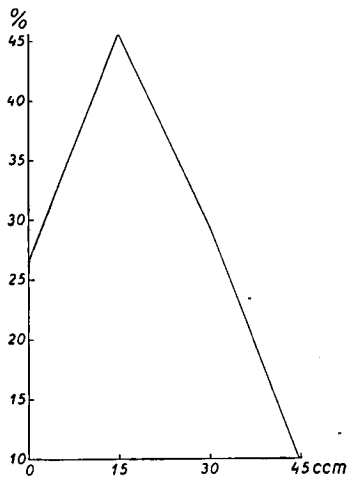


Abb. 7.
Zunahme der Blattfläche in Prozent der nichtnarkotisierten und der 84 Stunden lang mit drei verschiedenen Chloroformkonzentrationen narkotisierten Blumenkohlpflanzen.
0 = ohne Narkosebehandlung.

Die Kurve, die die Zunahme der Blattfläche der nichtnarkotisierten und 84 Stunden lang narkotisierten Pflanzen darstellt, verläuft folgendermaßen: sie steigt bei den schwachnarkotisierten Pflanzen anfangs zwar sehr steil an, fällt bei den mit der nächststärkeren Dosis behandelten Pflanzen beinahe bis auf die Höhe der Kontrollpflanzen und sinkt schließlich bei den starknarkotisierten Pflanzen tief unter die Höhe der der Kontrollindividuen hinab.

Zusammenfassend können wir über die Chloroformnarkoseversuche folgendes sagen: 1. Die Wirkung der Chloroformnarkose auf die Empfänglichkeit der von uns verwendeten Blumenkohlsorte für *Alternaria brassicae* ließ sich in keinem Falle nachweisen. Der Fall bei der 48stündigen Chloroformierung, wo die mit stärkster Narkotikumkonzentration behandelten Pflanzen deutlich stärkeren Befall durch den Pilz gegenüber nichtnarkotisierten erlitten haben, ist eher auf die Einwirkung der Narkose auf die Virulenz des Pilzes als auf die Empfänglichkeit der Pflanze selbst zurückzuführen. 2. Eine Wirkung der Chloroformnarkose auf das Wachstum des Blumenkohls ist, auf Grund der Zunahme der Blattfläche zu schließen, eine deutlich beschleunigende (eine nur 10minutige Narkose hat keinen, 48 bzw. 84stündige Narkose neben einem beschleunigenden noch einen hemmenden Einfluß gezeigt); dabei liegt das Maximum der Beschleunigung bald bei den stärksten, bald bei den mittelstarken oder schwächsten Narkotikumskonzentrationen, je nach der Dauer der Narkose. Dort, wo bei 84stündiger Einwirkung das Wachstum der Blätter gehemmt wurde, handelt es sich um eine zu starke, die Pflanzen zugrunde richtende Dosis.

### b) Versuche mit Äthernarkose.

Die geringe Wirkung, die die Chloroformnarkose auf den Befall von Blumenkohl durch *Alternaria* ausübte, oder daß überhaupt keine solche wahrnehmbare Wirkung zu beobachten war, ließ vermuten, daß auch Äther und Alkohol bei einer relativ kurzdauernden Narkosebehandlung keinen merkbaren Einfluß ausüben werden. Deshalb wurden mit diesen Narkotika nur einige langandauernde Versuche gemacht (von 12 und mehr Stunden an), die dann in der Tat bestätigten, daß Äther und Alkohol ebenso geringe, ja sogar noch geringere Wirksamkeit als Chloroform für die Empfänglichkeit bzw. Widerstandsfähigkeit des Blumenkohls gegen *Alternaria* besitzen.

Mit Äther sind 12, 48 und 108stündige Versuche ausgeführt worden, deren Ergebnisse in den Tabellen 11—13 zusammengefaßt sind. 12 und 48stündige Narkose wurde vor der Infektion vorgenommen, d. h. zuerst wurden die Wirtspflanzen allein narkotisiert und hierauf mit nichtnarkotisierten Sporen infiziert. Wie aus den Tabellen 11 und 12 ersichtlich, zeigen weder 12 noch 48 Stunden lang narkotisierte Pflanzen einen ins Gewicht fallenden Unterschied in der Empfänglichkeit für bzw. in der Widerstandsfähigkeit gegen den *Alternaria*befall, im Verhältnis zu den Kontrollpflanzen: in dem einen dieser Versuche sind mehr Infektionsstellen auf den narkotisierten, in dem anderen mehr auf den nichtnarkotisierten Pflanzen vorhanden, doch liegen diese Schwankungen im Bereiche des mittleren Fehlers. Die Beobachtungen über die Inkubationszeit ließen auch keine Differenz zwischen den ätherisierten Pflanzen und den Kontrollpflanzen erkennen. Ebenso ist die weitere Entwicklung der Infektionsstellen sowie die Sporenbildung bei sämtlichen Pflanzen ohne nennenswerte Unterschiede geblieben.

Pflanzen, die sofort nach der Infektion 108 Stunden mit Äther behandelt wurden, unterschieden sich im Vergleich zu den Kontrollindividuen in der Anzahl der Infektionsstellen ebenfalls nicht (wenn der mittlere Fehler berücksichtigt wird) (Tabelle 13). Doch war bei der weiteren Entwicklung der Infektionsstellen festzustellen, daß nach 2 Wochen auf den nichtnarkotisierten und den mit der stärksten Konzentration narkotisierten Pflanzen sich auffallend große Flecken gebildet haben im Vergleich zu denen mit schwacher bzw. mittelstarker Konzentration narkotisierten Pflanzen. (Abb. 8.)

Wie beim Chloroformversuch wurde auch hier der Durchmesser von je 10 der größten Infektionsstellen eines jeden Blattes gemessen und deren Mittelwerte errechnet. Wie aus Tabelle 13 hervorgeht, ist der Durchmesser der Infektionsstellen im Durchschnitt fast gleich groß auf den nichtnarkotisierten wie auf den mit der stärksten Konzentration narkotisierten Blättern, dagegen sind sie auf den Blättern, die mit schwacher bzw. mittlerer Konzentration behandelt wurden, beträchtlich kleiner; dabei liegt die

Tabelle 11.

**Einfluß der 12stündigen Äthernarkose (vor der Infektion) auf den Befall von *Brassica oleracea* durch *Alternaria brassicae*.**

| Verfahren | Zunahme der Blattfläche in % | | | Zahl der Infektionsstellen je qcm | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 1. Versuch | | 2. Versuch | | 3. Versuch | |
| | 1. Versuch | 2. Versuch | 3. Versuch | 1. Blatt | 2. Blatt | 1. Blatt | 2. Blatt | 1. Blatt | 2. Blatt |
| 1. Ohne Narkose Ohne Infektion | 16,8 ± 2,25 | 23,8 ± 3,46 | 32,2 ± 6,40 | — | — | — | — | — | — |
| 2. Narkose mit 525 ccm Äther Ohne Infektion | 16,1 ± 2,72 | 31,2 ± 5,38 | 24,4 ± 1,90 | — | — | — | — | — | — |
| 3. Ohne Narkose Infiziert | 12,4 ± 1,12 | 22,6 ± 3,03 | 20,9 ± 3,03 | 0,76 ± 0,09 | 0,82 ± 0,09 | 4,85 ± 0,37 | 3,33 ± 0,25 | 1,40 ± 0,20 | 1,67 ± 0,11 |
| 4. Narkose mit 70 ccm Äther Infiziert | 17,3 ± 2,55 | 23,9 ± 5,11 | 23,5 ± 2,31 | 1,02 — 0,18 | 0,84 ± 0,12 | 3,79 ± 0,18 | 3,66 ± 0,22 | 1,46 ± 0,23 | 1,54 ± 0,18 |
| 5. Narkose mit 525 ccm Äther Infiziert | 15,7 ± 3,90 | 19,4 ± 2,61 | 25,2 ± 5,02 | 0,81 ± 0,12 | 0,87 ± 0,11 | 3,70 ± 0,25 | 3,74 ± 0,24 | 1,45 ± 0,20 | 1,66 ± 0,23 |
| 6. Narkose mit 700 ccm Äther Infiziert | 11,3 ± 1,47 | 19,8 ± 2,01 | 25,6 ± 4,20 | 1,42 ± 0,26 | 1,13 ± 0,19 | 3,74 ± 0,30 | 2,96 ± 0,14 | 2,19 ± 0,27 | 1,86 ± 0,12 |

Tabelle 12.

**Einfluß der 48stündigen Äthernarkose (vor der Infektion) auf den Befall von *Brassica oleracea* durch *Alternaria brassicae*.**

| Verfahren | Zunahme der Blattfläche in % | | | Zahl der Infektionsstellen je qcm | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 1. Versuch | | 2. Versuch | | 3. Versuch | |
| | 1. Versuch | 2. Versuch | 3. Versuch | 1. Blatt | 2. Blatt | 1. Blatt | 2. Blatt | 1. Blatt | 2. Blatt |
| 1. Ohne Narkose Ohne Infektion | 39,9 ± 3,67 | 29,5 ± 2,48 | 33,3 ± 2,87 | — | — | — | — | — | — |
| 2. Narkose mit 525 ccm Äther Ohne Infektion | 40,7 ± 6,09 | 36,9 ± 4,89 | 32,6 ± 3,18 | — | — | — | — | — | — |
| 3. Ohne Narkose Infiziert | 41,8 ± 6,46 | 27,1 ± 3,08 | 24,4 ± 2,35 | 6,67 ± 0,70 | 5,43 ± 0,41 | 2,23 ± 0,23 | 2,54 ± 0,19 | 1,38 ± 0,27 | 2,51 ± 0,23 |
| 4. Narkose mit 70 ccm Äther Infiziert | 39,2 ± 4,49 | 26,5 ± 2,56 | 26,1 ± 2,05 | 4,63 ± 0,38 | 4,23 ± 0,36 | 1,89 ± 0,22 | 2,19 ± 0,24 | 1,09 ± 0,18 | 1,47 ± 0,20 |
| 5. Narkose mit 525 ccm Äther Infiziert | 37,3 ± 2,77 | 33,2 ± 3,29 | 30,0 ± 2,95 | 5,28 ± 0,55 | 3,90 ± 0,41 | 1,48 ± 0,36 | 1,11 ± 0,16 | 1,39 ± 0,28 | 1,47 ± 0,35 |
| 6. Narkose mit 670 ccm Äther Infiziert | 33,8 ± 3,68 | 26,6 ± 2,53 | —[1]) | 4,90 ± 0,38 | 4,04 ± 0,20 | 3,31 ± 0,24 | 2,33 ± 0,32 | —[1]) | 4,89 ± 0,37 |

[1]) Der Ventilator dieses Narkosekastens war während des Versuches eine Zeitlang außer Funktion, so daß die Pflanzen durch den nach unten gesunkenen Ätherdampf derart geschädigt wurden, daß die jüngsten Blätter abstarben.

Differenz außerhalb der Grenze des mittleren Fehlers. Ob diese Differenz auf irgend eine Wirkung des Äthers auf die Wirtspflanze oder auf den Parasiten zurückzuführen ist, läßt sich mit Sicherheit nicht sagen.

Auffallend ist vor allem bei sämtlichen Ätherisierungsversuchen die Unbeeinflußbarkeit des Blumenkohls durch die Äthernarkose: weder eine Beschleunigung noch eine Hemmung des Wachstums der Blätter, wie das

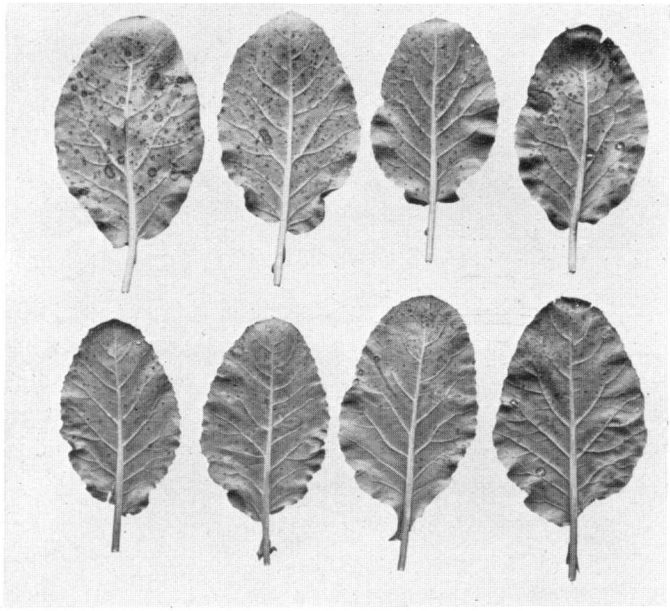

Abb. 8.

Die von *Alternaria brassicae* befallenen Blumenkohlblätter zwei Wochen nach der Infektion. In der oberen Reihe ist das jüngere, in der unteren Reihe das ältere Blatt je einer Pflanze dargestellt. Von links nach rechts: von einer der nichtnarkotisierten Kontrollpflanze, dann von einer mit 104 ccm, ferner von einer mit 208 ccm und schließlich von einer mit 312 ccm Äther narkotisierten Pflanze.

(Aufnahme Photogr. Institut der Eidg. Techn. Hochschule.)

jeweils bei der Chloroformnarkose festgestellt wurde, ist in irgendeinem Falle der Äthernarkose beobachtet worden; trotzdem die stärksten der dabei verwendeten Konzentrationen in der Nähe der Grenzkonzentrationen stehen, d. h. nahe den Konzentrationen, oberhalb deren die Pflanzen im Behandlungsfalle irreversibel geschädigt würden. Dies ist um so merkwürdiger, als der Äther in der Gärtnerei als ein Beschleunigungsmittel für das Austreiben der Knospen gebraucht wird (Johannsen, 1906).

### c) Versuche mit Alkoholnarkose.

Die Wirksamkeit des Alkohols auf die Empfänglichkeit bzw. Widerstandsfähigkeit des Blumenkohls gegen *Alternaria brassicae* erwies sich ebenso schwach wie die des Chloroforms und Äthers.

Tabelle 13.

**Einfluß der 108stündigen Äthernarkose (nach der Infektion) auf den Befall von *Brassica oleracea* durch *Alternaria brassicae*.**

| Verfahren | Zunahme der Blattfläche in % | Zahl der Infektionsstellen je qcm | | Durchmesser der Infektionsstellen in mm | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1. Blatt | 2. Blatt | 1. Blatt | 2. Blatt |
| 1. Ohne Narkose Ohne Infektion | 53,1±4,23 | — | — | — | — |
| 2. Narkose mit 208 ccm Äther Ohne Infektion | 60,9±4,83 | — | — | — | — |
| 3. Ohne Narkose Infiziert | 52,6±4,32 | 5,01±0,44 | 5,96±0,35 | 0,78±0,03 | 2,01±0,15 |
| 4. Narkose mit 104 ccm Äther Infiziert | 50,9±4,66 | 3,33±0,53 | 5,36±0,76 | 0,60±0,03 | 1,15±0,09 |
| 5. Narkose mit 208 ccm Äther Infiziert | 51,6±3,92 | 3,38±0,59 | 4,96±0,73 | 0,64±0,03 | 1,19±0,09 |
| 6. Narkose mit 312 ccm Äther Infiziert | 45,7±1,96 | 4,32±0,68 | 4,50±0,70 | 1,00±0,08 | 1,89±0,16 |

Aus den Tabellen 14 und 15 sieht man, daß eine 12stündige Narkose, sowohl vor wie nach der Infektion vorgenommen, keine nennenswerte Steigerung bzw. Verminderung des Befalles durch den Parasiten ausübt. Die mit der schwächsten bzw. mittelstarken Dosis narkotisierten Pflanzen zeigen überhaupt keinen Unterschied gegenüber den Kontrollpflanzen. Auf den stark narkotisierten Pflanzen ist zwar die Bildung der Infektionsstellen in den meisten Fällen üppiger als auf nichtnarkotisierten (Tabelle 14 und Tabelle 15, erster und teilweise dritter Versuch), aber der Unterschied liegt wiederum im Bereiche des mittleren Fehlers.

Bei 84stündiger Narkose ist es gleichfalls nicht gelungen deutliche Veränderungen in der Erkrankung festzustellen. Die stärkste Alkoholkonzentration (22 ccm) erwies sich als tödlich; die Pflanzen gingen inner-

Tabelle 14.

**Einfluß der 12stündigen Alkoholnarkose (vor der Infektion) auf den Befall von *Brassica oleracea* durch *Alternaria brassicae*.**

| Verfahren | Zunahme der Blattfläche in % | | Zahl der Infektionsstellen je qcm | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1. Versuch | | 2. Versuch | |
| | 1. Versuch | 2. Versuch | 1. Blatt | 2. Blatt | 1. Blatt | 2. Blatt |
| 1. Ohne Narkose Ohne Infektion | 29,1±2,53 | 21,8±2,48 | — | — | — | — |
| 2. Narkose mit 18 ccm Alkohol Ohne Infektion | 20,4±1,67 | 20,4±1,94 | — | — | — | — |
| 3. Ohne Narkose Infiziert | 28,7±3,00 | 16,8±2,28 | 1,18±0,22 | 1,84±0,26 | 2,68±0,25 | 3,51±0,32 |
| 4. Narkose mit 9 ccm Alkohol Infiziert | 26,2±4,02 | 17,3±2,39 | 1,27±0,28 | 1,94±0,27 | 2,37±0,25 | 3,31±0,47 |
| 5. Narkose mit 18 ccm Alkohol Infiziert | 25,4±3,22 | 14,7±1,50 | 1,02±0,15 | 1,73±0,21 | 3,02±0,45 | 4,18±0,35 |
| 6. Narkose mit 27 ccm Alkohol Infiziert | 27,5±2,58 | 19,4±3,58 | 2,22±0,22 | 2,42±0,39 | 4,16±0,22 | 3,93±0,33 |

Tabelle 15.

**Einfluß der 12stündigen Alkoholnarkose (nach der Infektion) auf den Befall von *Brassica oleracea* durch *Alternaria brassicae*.**

| Verfahren | Zunahme der Blattfläche in % | | | Zahl der Infektionsstellen je qcm | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 1. Versuch | | 2. Versuch | | 3. Versuch | |
| | 1. Versuch | 2. Versuch | 3. Versuch | 1. Blatt | 2. Blatt | 1. Blatt | 2. Blatt | 1. Blatt | 2. Blatt |
| 1. Ohne Narkose Ohne Infektion . . . . . | 21,3 ± 4,67 | 28,7 ± 4,81 | 26,1 ± 4,10 | — | — | — | — | — | — |
| 2. Narkose mit 18 ccm Alkohol . Ohne Infektion . . . . . | 21,4 ± 2,24 | 23,4 ± 2,63 | 24,3 ± 5,47 | — | — | — | — | — | — |
| 3. Ohne Narkose Infiziert . . . . . | 20,4 ± 3,35 | 21,7 ± 2,35 | 19,2 ± 2,87 | 0,25 ± 0,05 | 0,31 ± 0,06 | 1,65 ± 0,26 | 1,43 ± 0,24 | 1,91 ± 0,22 | 1,27 ± 0,17 |
| 4. Narkose mit 9 ccm Alkohol Infiziert . . . . . | 20,9 ± 2,51 | 18,0 ± 2,01 | 18,5 ± 1,47 | 0,22 ± 0,05 | 0,34 ± 0,09 | 1,62 ± 0,19 | 1,08 ± 0,18 | 1,41 ± 0,19 | 1,14 ± 0,16 |
| 5. Narkose mit 18 ccm Alkohol Infiziert . . . . . | 18,4 ± 1,90 | 21,3 ± 3,25 | 17,5 ± 2,72 | 0,30 ± 0,05 | 0,36 ± 0,08 | 1,55 ± 0,17 | 0,92 ± 0,09 | 1,61 ± 0,26 | 1,03 ± 0,13 |
| 6. Narkose mit 27 ccm Alkohol Infiziert . . . . . | 22,6 ± 1,91 | 25,8 ± 4,12 | 21,0 ± 1,37 | 0,43 ± 0,06 | 0,37 ± 0,06 | 1,58 ± 0,22 | 0,90 ± 0,15 | 2,19 ± 0,25 | 0,99 ± 0,18 |

halb 4 Tagen ein. Auf den mit der nächstschwächeren bzw. mit der schwächsten Konzentrationen behandelten Versuchsexemplaren war die Bildung der Infektionsstellen zahlenmäßig eine etwas geringere als auf den Kontrollpflanzen (Tabelle 16), der Unterschied liegt aber in den Grenzen des mittleren Fehlers. Nach zwei Wochen wurden die Infektionsstellen nach derselben Methode wie bei den Chloroform- und Äthernarkoseversuchen gemessen. Wie aus Tabelle 16 hervorgeht, war auf den jüngeren Blättern kein Unterschied in der Größe der Infektionsstellen vorhanden, hingegen waren auf den älteren Blättern, der mit mittelstarker Konzentration narkotisierten Pflanzen deutlich größere Flecken gebildet worden als auf den Blättern von nichtnarkotisierten bzw. schwachnarkotisierten Pflanzen.

Trotzdem Alkohol im Vergleich zu Chloroform und Äther in viel kleineren Mengen auf die Pflanzen tödlich wirkt, so muß man seine Wirkung in den nicht tödlich wirkenden Konzentrationen als gering bezeichnen, weil das Wachstum der Blätter bei 12stündiger Behandlung selbst mit der stärksten Alkoholdosis, die die Blumenkohlpflanzen noch ertragen können, keine Veränderungen zeigte gegenüber den Kontrollpflanzen. Erst bei 84 Stunden lang andauernder Narkose ließ sich die beschleunigende Wirkung der mittelstarken und der schwächster Alkoholkonzentrationen auf die Zunahme der Blattfläche in kleinem Maße wahrnehmen.

Überblickt man sämtliche Narkoseversuche mit Blumenkohl als Wirtspflanze und *Alternaria brassicae* als Parasiten, so sieht man, daß die Beziehungen zwischen der Wirtspflanze und dem Parasiten durch eine Narkosebehandlung sich nur äußerst schwach beeinflussen lassen. Im ganzen ist es nur bei 48stündiger Chloroformnarkose in stärkster Konzentration

Tabelle 16.

**Einfluß der 84stündigen Alkoholnarkose (nach der Infektion) auf den Befall von *Brassica oleracea* durch *Alternaria brassicae*.**

| Verfahren | Zunahme der Blattfläche in % | Zahl der Infektionsstellen je qcm | | Durchmesser der Infektionsstellen in mm | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1. Blatt | 2. Blatt | 1. Blatt | 2. Blatt |
| 1. Ohne Narkose Ohne Infektion | 16,1 ± 1,32 | — | — | — | — |
| 2. Narkose mit 15 ccm Alkohol Ohne Infektion | 23,2 ± 0,94 | — | — | — | — |
| 3. Ohne Narkose Infiziert | 15,4 ± 0,97 | 3,37±0,55 | 3,42±0,43 | 0,73±0,04 | 0,94±0,07 |
| 4. Narkose mit 7 ccm Alkohol Infiziert | 21,1 ± 1,22 | 2,41±0,40 | 2,30±0,26 | 0,83±0,12 | 0,98±0,08 |
| 5. Narkose mit 15 ccm Alkohol Infiziert | 20,7 ± 3,12 | 2,18±0,22 | 2,62±0,27 | 0,64±0,03 | 2,05±0,13 |
| 6. Narkose mit 22 ccm Alkohol Infiziert | Die mit dieser Konzentration narkotisierten Pflanzen wurden innerhalb zirka 4 Tagen zum Absterben gebracht | | | | |

gelungen, eine deutliche Steigerung der Erkrankung zu bekommen. Den Erkrankungsgrad der Pflanze beurteilen wir, wie das schon im methodischen Teil dieser Arbeit gesagt wurde, hauptsächlich nach der Anzahl je Quadratzentimeter des Blattes entstandenen Infektionsstellen. In allen anderen Fällen sind entweder keine oder nur geringe, im Bereiche des mittleren Fehlers sich bewegende Unterschiede vorhanden.

Ob diese unter dem Einflusse der Narkose beobachtete Erkrankungssteigerung des Blumenkohls tatsächlich auf die Steigerung der Empfänglichkeit der Wirtspflanze für den Befall durch *Alternaria* zurückzuführen ist, oder ob sie auf der durch die Narkose verstärkten („stimulierte") Virulenz des Pilzes beruht, oder ob die beiden Faktoren (Empfänglichkeits- und Virulenzsteigerung) zusammen wirken, kann man nicht mit Sicherheit entscheiden. An Hand der oben beschriebenen Versuche darf man jedoch annehmen, daß die Narkose als solche die Empfänglichkeit des Blumenkohls für den Befall durch *Alternaria brassicae* recht gering beeinflußt, weil sich nirgends in unseren Versuchen ein Zusammenhang der Wirkung des Narkotikums auf das Wachstum der Blätter von Blumenkohl und der darauf entstandenen *Alternaria*infektionsstellen feststellen ließ; selbst dort, wo die Zunahme der Blattfläche der narkotisierten und der nichtnarkotisierten Pflanzen eine frappante Differenz ergeben hat, waren in dem Erkrankungsgrad keine merklichen Unterschiede vorhanden, wie z. B. bei 84stündiger Chloroformnarkose (Tabelle 10). Ferner wurde eine deutliche Differenz im Erkrankungsgrad zwischen den narkotisierten und den nichtnarkotisierten Pflanzen nur dort beobachtet, wo gleichzeitig die Wirtspflanzen und der Parasit der Wirkung des Narkotikums unterworfen wurden.

Kehren wir nun zum Schluß zu den in der Einführung besprochenen früheren Versuchen von Salmon (1905), Reed und Cooley (1912), Stakman (1915), Bolle (1924) zurück, wo unter dem Einfluß der Narkotika eine höhere Empfänglichkeit der Pflanzen konstatiert wurde, so sehen wir in unseren Versuchen zwar keinen Widerspruch, aber auch keine feste Bestätigung jener Beobachtungen.

Den verhältnismäßig geringen Einfluß der Narkose auf die Erkrankung der Pflanzen in unseren Versuchen sind wir geneigt auf gewisse Eigenschaften des verwendeten Parasiten zurückzuführen. *Alternaria brassicae* ist bekanntlich kein obligater Parasit, er gedeiht sehr gut auf künstlichen Nährsubstraten, wie Malz-, Kartoffelagar, Haferflocken, Hafergelatine usw., auch auf den durch die Narkotika abgetöteten, vorher infizierten Blumenkohlblättern konnte ein üppiges Wachstum dieses Pilzes und eine reiche Sporenbildung beobachtet werden. Schwächeparasit ist er aber auch nicht, wie z. B. *Heterosporium variabile* in den Versuchen von Reed und Cooley (1912); unter optimalen Außenbedingungen befällt er ganz gesunde, frische, in voller Lebenstätigkeit sich befindende Pflanzen.

Zudem ist er wenig spezialisiert; die Infektion konnte nicht nur auf verschiedenen Sorten von *Brassica*, sondern auch auf *Raphanus sativus*, sogar auf den noch weiter in der Cruciferenfamilie stehenden Gattungen *Alliaria* und *Cheiranthus* als gut gelungen festgestellt werden. Es ist daher begreiflich, daß für einen so wenig anspruchsvollen Pilz es tatsächlich nicht viel ausmacht, ob die Wirtspflanze durch die Narkose oder durch irgend andere Agenzien geschwächt oder in ihrer Entwicklung beschleunigt wird.

Die beschleunigte Entwicklung dieses Pilzes, die in den Bolleschen (1924) Versuchen auf *Brassica oleracea*-Sorten unter Einwirkung des Alkohols beobachtet wurde, beruht wahrscheinlich nicht auf der Veränderung der Empfänglichkeit der Wirtspflanze durch die Narkose, sondern vielmehr auf dem Einfluß des Narkotikums (Alkohols) auf die Virulenz des Pilzes.

## V. Versuche mit *Uromyces appendiculatus* auf *Phaseolus vulgaris*.

Vor den eigentlichen Narkoseversuchen mit *Uromyces appendiculatus* auf *Phaseolus vulgaris* sind einige orientierende Vorversuche gemacht worden, deren Zweck es war, eine für das bessere Gelingen der Versuche geeignete Bohnensorte ausfindig zu machen. Es schien hierzu eine solche Sorte in Frage zu kommen, die sich gegen den Befall von *Uromyces* widerstandsfähig erwies, um nachprüfen zu können, ob durch die Narkose auch hier die Empfänglichkeit für den Befall vergrößert wird, wie es bei den Versuchen von Stakman (1915) mit Getreidesorten und *Puccinia graminis* der Fall ist.

Von den in der Literatur angegebenen resistenten Bohnensorten haben wir die Sorten „Mont d'Or" (Fischer und Gäumann, 1929), „Klosterfrauen" (Jordi, 1916) und außerdem einige Spielarten von *Phaseolus multiflorus*, die nach der Angabe von Lakon (1916) sehr widerstandsfähig sind und im Freien nur selten von *Uromyces* befallen werden, nachgeprüft. Diese letzte Bohnenart erwies sich auch in unseren Versuchen als sehr widerstandsfähig, trotzdem kam sie für unsere Versuche nicht in Frage, weil aus den Ergebnissen der Vorversuche mit großer Wahrscheinlichkeit zu schließen war, daß die Narkose die Empfänglichkeit der Bohnen für den Befall durch *Uromyces* eher vermindern als vergrößern würde, und es daher wenig Sinn hätte, eine besonders widerstandsfähige Sorte zu wählen. Zudem traten die Infektionsstellen auf den Blättern dieser Art sehr unregelmäßig auf, so daß beim Berechnen des mittleren Wertes der Infektionsstellen von je zehn Pflanzen ein recht beträchtlicher mittlerer Fehler entstand.

Nach einer durchgeführten Nachprüfung der Sorten „Mont d'Or" und „Klosterfrauen", wurde für die eigentlichen Versuche die letztere gewählt, die im Vergleich mit empfänglichen Sorten wie z. B. „Graf Zeppelin", „Juli", „Phenomen", als eine ziemlich widerstandsfähige zu bezeichnen ist, die aber bei den für die Infektion günstigen Außenbedingungen, wie sie

bei unserem Versuchsverfahren ja tatsächlich vorhanden waren, doch ziemlich stark von *Uromyces* befallen wurde.

Bei den Narkoseversuchen mit Bohnen und *Uromyces appendiculatus*, die von Ende September bis Ende November 1931 dauerten, wurden ebenfalls, wie bei den Versuchen mit Blumenkohl und *Alternaria*, die Pflanzen nach der Narkose und der Infektion in die Inkubationskammer gebracht, wo die Temperatur ständig auf 18—20° C. gehalten wurde, und die Luft im allgemeinen in den ersten zwei Tagen nach der Infektion mit Wasserdampf gesättigt war. Unter solchen Bedingungen brachen die Infektionsstellen gewöhnlich schon am 5. Tage als weißliche Punkte hervor, die 2 Tage später, d. h. am 7. Tag nach der Infektion, gezählt wurden, weil sie dann für ein Auszählen am deutlichsten waren. Zur gleichen Zeit wurden auch die Blätter zum zweiten Male gemessen.

Kurz darauf begannen die weißlichen nekrotischen Infektionsstellen sich in Uredosporenhäufchen umzuwandeln; dabei erfolgte diese Umwandlung fast ausnahmslos auf allen dem bloßen Auge schon sichtbaren Flecken. Nach einigen Tagen erfolgte eine üppige Teleutosporenbildung.

Die Versuche mit *Uromyces appendiculatus* auf *Phaseolus vulgaris* teilen wir, ähnlich wie die Blumenkohlversuche, in drei Gruppen ein: a) Versuche mit Chloroform-, b) mit Äther- und c) mit Alkoholnarkose.

### a) Versuche mit Chloroformnarkose.

Ähnlich wie bei der Besprechung der Narkoseversuche mit Blumenkohl und *Alternaria* wird auch hier zunächst die Wirkung der Narkose auf den Befall der Wirtspflanze durch den Parasit und dann ihre Wirkung auf die Wirtspflanze selbst besprochen.

Tabelle 17.

**Einfluß der 15minutigen Chloroformnarkose auf den Befall von *Phaseolus vulgaris* durch *Uromyces appendiculatus*.**

| Verfahren | a) Narkose vor der Infektion | | b) Narkose nach der Infektion | |
|---|---|---|---|---|
| | Zunahme der Blattfläche in % | Zahl der Infektionsstellen | Zunahme der Blattfläche in % | Zahl der Infektionsstellen |
| 1. Ohne Narkose Ohne Infektion . . . . . | 606 ± 38,5 | — | 412 ± 37,1 | — |
| 2. Narkose mit 48 ccm Chlorof. Ohne Infektion . . . . . | 550 ± 35,6 | — | 457 ± 46,8 | — |
| 3. Ohne Narkose Infiziert . . . . . | 470 ± 19,4 | 3,18 ± 0,55 | 451 ± 35,5 | 1,66 ± 0,28 |
| 4. Narkose mit 24 ccm Chlorof. Infiziert . . . . . | 428 ± 28,9 | 3,54 ± 0,56 | 422 ± 28,8 | 1,62 ± 0,26 |
| 5. Narkose mit 48 ccm Chlorof. Infiziert . . . . . | 438 ± 38,9 | 3,84 ± 0,34 | 400 ± 30,5 | 1,58 ± 0,23 |
| 6. Narkose mit 72 ccm Chlorof. Infiziert . . . . . | 391 ± 34,4 | 4,15 ± 0,83 | 404 ± 29,2 | 1,61 ± 0,14 |

Tabelle 18.

**Einfluß der 2stündigen Chloroformnarkose auf den Befall von *Phaseolus vulgaris* durch *Uromyces appendiculatus*.**

| Verfahren | a) Narkose vor der Infektion | | b) Narkose nach der Infektion | |
|---|---|---|---|---|
| | Zunahme der Blattfläche in % | Zahl der Infektionsstellen | Zunahme der Blattfläche in % | Zahl der Infektionsstellen |
| 1. Ohne Narkose Ohne Infektion . . . . . | 301 ± 26,9 | — | 417 ± 67,8 | — |
| 2. Narkose mit 42 ccm Chlorof. Ohne Infektion . . . . . | 316 ± 41,4 | — | 510 ± 72,7 | — |
| 3. Ohne Narkose Infiziert . . . . . | 297 ± 36,5 | 15,91 ± 0,84 | 336 ± 26,2 | 4,50 ± 1,08 |
| 4. Narkose mit 21 ccm Chlorof. Infiziert . . . . . | 257 ± 15,5 | 16,41 ± 1,05 | 313 ± 48,4 | 4,41 ± 0,99 |
| 5. Narkose mit 42 ccm Chlorof. Infiziert . . . . . | 272 ± 15,0 | 15,34 ± 0,66 | 292 ± 30,1 | 4,01 ± 1,01 |
| 6. Narkose mit 63 ccm Chlorof. Infiziert . . . . . | 212 ± 17,7 | 15,62 ± 0,86 | 364 ± 46,7 | 4,80 ± 0,79 |

Die Versuche wurden wiederum erst mit kurzdauernden Narkosen begonnen. Man sieht in Tabelle 17 (15minutige Narkose), daß bei der vor der Narkose vorgenommenen Infektion auf den mit der stärksten Chloroformkonzentration behandelten Pflanzen am meisten Befallsstellen aufgetreten sind; mit der Abnahme der Narkotikumdosis nimmt regelmäßig auch die Anzahl der Infektionsstellen ab, auf den Kontrollexemplaren sinkt sie schließlich auf ein Minimum herab. Trotzdem sind diese Differenzen bei weitem nicht sicher, weil sie kleiner sind als der Wert ihrer mittleren Fehler ($m_D$)[1]). Eine Narkose nach der Infektion ergab überhaupt keine regelmäßigen Differenzen.

Zweistündige Chloroformnarkose, vor der Infektion sowie nach der Infektion, ließ ebenfalls in bezug auf den Befall der Wirtspflanze durch den Parasit keinen nennenswerten Einfluß feststellen, wie das aus Tabelle 18 ersichtlich ist.

Erst bei der 12stündigen Narkose trat die Wirkung des Chloroforms deutlich hervor. Sicherheitshalber sind diese Versuche dreimal ausgeführt worden. Die Wirkung der 12stündigen Narkose vor der Infektion auf den Befall des Pilzes ist aus Tabelle 19 ersichtlich. Die Anzahl der Infektionsstellen auf den mit allen drei Konzentrationsabstufungen des Chloroforms jeweils narkotisierten Bohnen ist in allen drei Versuchen übereinstimmend kleiner als auf den nichtnarkotisierten Kontrollpflanzen. In

[1]) Im allgemeinen nimmt man die Unterschiede zwischen den Ergebnissen zweier Versuchsreihen dann als sicher an, wenn ihre Differenz (D) dreimal größer ist als der mittlere Fehler dieser Differenz ($m_D$).

Im Folgenden soll unter dem $\frac{D}{m_D}$-Werte die Beziehung der Differenz (D) zu dem mittleren Fehler dieser Differenz ($m_D$) verstanden werden.

den Versuchen 1 und 3 ist der größte Unterschied des Pilzbefalls zwischen den starknarkotisierten und den Kontrollpflanzen, in Versuch 2 zwischen den mittelstark- bzw. schwachnarkotisierten Pflanzen und den Kontrollexemplaren. Werden die $\frac{D}{m_D}$-Werte errechnet, so sieht man, daß sie bei den starknarkotisierten, sowie bei den Kontrollpflanzen zwischen 2,7 und 1,2 liegen, diejenigen der mittelstarknarkotisierten sowie der Kontrollpflanzen zwischen 2,3 und 0,2 und die der schwachnarkotisierten sowie der Kontrollpflanzen zwischen 1,4 und 0,7.

Tabelle 19.

**Einfluß der 12stündigen Chloroformnarkose (vor der Infektion) auf den Befall von *Phaseolus vulgaris* durch *Uromyces appendiculatus*.**

| Verfahren | 1. Versuch | | 2. Versuch | | 3. Versuch | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Zunahme der Blattfläche in % | Zahl der Infektionsstellen | Zunahme der Blattfläche in % | Zahl der Infektionsstellen | Zunahme der Blattfläche in % | Zahl der Infektionsstellen |
| 1. Ohne Narkose Ohne Infektion | 504±65,9 | — | 529±54,6 | — | 448±4,11 | — |
| 2. Narkose mit 38 ccm Chlorof. Ohne Infektion | 418±54,9 | — | 434±46,3 | — | 390±37,7 | — |
| 3. Ohne Narkose Infiziert | 488±39,8 | 7,46±2,37 | 496±59,6 | 4,40±0,80 | 375±37,3 | 16,82±1,93 |
| 4. Narkose mit 19 ccm Chlorof. Infiziert | 446±61,8 | 4,54±1,10 | 490±69,2 | 5,14±0,78 | 337±24,5 | 13,07±1,94 |
| 5. Narkose mit 38 ccm Chlorof. Infiziert | 424±44,2 | 2,18±0,80 | 401±54,2 | 4,60±0,75 | 324±60,3 | 13,26±2,03 |
| 6. Narkose mit 58 ccm Chlorof. Infiziert | 397±42,0 | 1,95±1,18 | 343±33,2 | 3,19±0,68 | 300±39,1 | 10,09±1,51 |

Tabelle 20.

**Einfluß der 12stündigen Chloroformnarkose (nach der Infektion) auf den Befall von *Phaseolus vulgaris* durch *Uromyces appendiculatus*.**

| Verfahren | 1. Versuch | | 2. Versuch | | 3. Versuch | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Zunahme der Blattfläche in % | Zahl der Infektionsstellen | Zunahme der Blattfläche in % | Zahl der Infektionsstellen | Zunahme der Blattfläche in % | Zahl der Infektionsstellen |
| 1. Ohne Narkose Ohne Infektion | 161±21,9 | — | 155±12,7 | — | 643±59,5 | — |
| 2. Narkose mit 38 ccm Chlorof. Ohne Infektion | 171±16,3 | — | 160±25,3 | — | 700±62,2 | — |
| 3. Ohne Narkose Infiziert | 185±21,2 | 1,68±0,40 | 506±76,5 | 2,27±0,79 | 629±36,7 | 5,01±1,17 |
| 4. Narkose mit 19 ccm Chlorof. Infiziert | 138±14,6 | 0,95±0,15 | 377±44,3 | 1,31±0,30 | 635±42,7 | 5,69±0,78 |
| 5. Narkose mit 38 ccm Chlorof. Infiziert | 148±13,2 | 1,29±0,39 | 376±34,5 | 1,07±0,22 | 704±47,6 | 4,01±1,03 |
| 6. Narkose mit 58 ccm Chlorof. Infiziert | 120±16,8 | 0,89±0,36 | 306±34,0 | 0,39±0,16 | 533±35,2 | 2,84±0,80 |

Die Unterschiede im Befall der Pflanze durch den Pilz liegen demnach noch in keinem Falle außerhalb des Bereiches des mittleren Fehlers; da aber die Ergebnisse von allen drei Versuchen im großen ganzen übereinstimmen, so kann man als sicher annehmen, daß wenigstens durch die stärkste Narkose die Empfänglichkeit der Bohnenpflanzen für *Uromyces appendiculatus* gegenüber den nicht narkotisierten vermindert wurde.

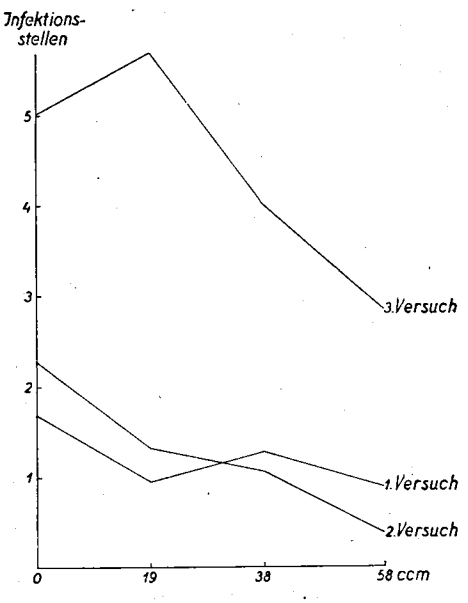


Abb. 9.
Anzahl der Infektionsstellen je qcm des Blattes auf nichtnarkotisierten und 12 Stunden lang mit drei verschiedenen Chloroformkonzentrationen nach der Infektion narkotisierten Bohnenpflanzen.
0 = ohne Narkosebehandlung.

Die Ergebnisse der 12stündigen Chloroformnarkose nach der Infektion stimmen im großen ganzen mit denselben der 12stündigen Narkose vor der Infektion überein, was eine Unbeeinflußbarkeit der Virulenz des Pilzes durch den Chloroformdampf vermuten läßt. So sieht man in Tabelle 20 und Abb. 9, daß auch hier die größte Differenz der Anzahl der Infektionsstellen im Durchschnitt bei den starknarkotisierten und den nichtnarkotisierten Pflanzen liegt, dabei sind die narkotisierten stärker durch den Pilz befallen worden als die unbehandelten. Die Anzahl der Infektionsstellen auf den mittelstark- und schwachnarkotisierten Pflanzen nimmt im Vergleich mit den starknarkotisierten Pflanzen in der Regel mit der Abnahme der Narkoticumkonzentration zu und erreicht das Maximum bei den Kontrollindividuen. Die $\frac{D}{m_D}$-Werte sind folgende: der $\frac{D}{m_D}$-Wert der starknarkotisierten und der nichtnarkotisierten Pflanzen liegt zwischen 2,3—1,5; derjenige der mittelstark- bzw. schwachnarkotisierten und der nichtnarkotisierten zwischen 1,7—0,5.

Die folgenden Versuche wurden mit 48stündiger Chloroformnarkose ausgeführt. In einem Falle wurden Chloroformdosen von 49, 32 und 16 ccm auf 1 cbm Luft verwendet, und dabei ergab sich, daß die stärkste von diesen Dosen tödlich wirkte: alle 10 mit dieser Menge behandelten Pflanzen gingen ein. Da dieser Versuch teilweise mißlungen war, wurde ein weiterer mit den schwächeren Chloroformkonzentrationen vorgenommen. Die Ergebnisse der beiden sind in den Tabellen 21 und 22 dargestellt.

Man sieht, daß übereinstimmend mit den 12stündigen Chloroformnarkoseversuchen, ja sogar noch deutlicher, der Befall des Pilzes auf den mit den stärksten Konzentrationen (32, 18 und 16 ccm) behandelten Pflanzen viel geringer ist als auf den Kontrollpflanzen. Die Differenzen kann man als sicher annehmen, weil die $\frac{D}{m_D}$-Werte 3,9—2,1 (im Durchschnitt 2,9 ccm) betragen. Die kleinsten Mengen (12 und 6 ccm) zeigen wiederum keine sichere Wirksamkeit. Die Anzahl der Infektionsstellen auf den mit diesen Dosen behandelten Pflanzen ist zwar kleiner als die auf den Kontrollpflanzen, aber der mittlere Fehler ist so groß, daß der Unterschied ganz unsicher wird.

Außerdem ergab sich bei der Verfolgung des Erscheinens der Infektionsstellen, daß diese auf den starknarkotisierten Pflanzen in dem ersten der beiden 48stündigen Narkoseversuche (mit 16 und 32 ccm) um

Tabelle 21.

**Einfluß der 48stündigen Chloroformnarkose (nach der Infektion) auf den Befall von *Phaseolus vulgaris* durch *Uromyces appendiculatus*.**

| Verfahren | Zunahme der Blattfläche in % | Zahl der Infektionsstellen |
|---|---|---|
| 1. Ohne Narkose, Ohne Infektion | $621 \pm 55{,}4$ | — |
| 2. Narkose mit 32 ccm Chloroform, Ohne Infektion | $321 \pm 43{,}9$ | — |
| 3. Ohne Narkose, Infiziert | $662 \pm 54{,}6$ | $1{,}15 \pm 0{,}13$ |
| 4. Narkose mit 16 ccm Chloroform, Infiziert | $520 \pm 34{,}3$ | $0{,}48 \pm 0{,}11$ |
| 5. Narkose mit 32 ccm Chloroform, Infiziert | $287 \pm 37{,}4$ | $0{,}61 \pm 0{,}16$ |
| 6. Narkose mit 49 ccm Chloroform, Infiziert | Bei dieser Chloroformkonzentration gingen alle zehn Pflanzen ein | |

Tabelle 22.

**Einfluß der 48stündigen Chloroformnarkose (nach der Infektion) auf den Befall von *Phaseolus vulgaris* durch *Uromyces appendiculatus*.**

| Verfahren | Zunahme der Blattfläche in % | Zahl der Infektionsstellen |
|---|---|---|
| 1. Ohne Narkose, Ohne Infektion | $346 \pm 38{,}6$ | — |
| 2. Narkose mit 12 ccm Chloroform, Ohne Infektion | $296 \pm 30{,}8$ | — |
| 3. Ohne Narkose, Infiziert | $316 \pm 24{,}7$ | $2{,}10 \pm 0{,}50$ |
| 4. Narkose mit 6 ccm Chloroform, Infiziert | $274 \pm 16{,}6$ | $1{,}40 \pm 0{,}27$ |
| 5. Narkose mit 12 ccm Chloroform, Infiziert | $281 \pm 16{,}4$ | $1{,}69 \pm 0{,}25$ |
| 6. Narkose mit 18 ccm Chloroform, Infiziert | $196 \pm 20{,}4$ | $1{,}00 \pm 0{,}16$ |

1—2 Tage später erschienen als auf den mit der schwächsten Dosis behandelten Pflanzen. In allen früheren und den noch später zu besprechenden Versuchen wurde kein derartiger Einfluß der Narkose auf die Inkubationszeit festgestellt.

Wir gehen nun über zu der Wirkung der Chloroformnarkose auf das Wachstum der Bohnenpflanzen und beginnen mit der kurzdauernden Narkose.

Zunächst sieht man in den Tabellen 17 und 18, daß die 15 minutige sowie die 2stündige Chloroformnarkose noch keine regelmäßige Wirkung auf das Wachstum der Blätter auszuüben vermag und daß die Differenzen der Flächenzunahme derselben zwischen den narkotisierten und den nichtnarkotisierten Pflanzen sich noch ziemlich weit im Bereiche des mittleren Fehlers bewegen.

Eine deutliche Wirkung der Chloroformnarkose auf das Wachstum der Blätter läßt sich erst von einer 12stündigen Einwirkungsdauer an erkennen.

Betrachtet man in den Tabellen 19 und 20 die Zunahme der Blattfläche unter dem Einfluß der 12stündigen Chloroformnarkose, so sieht man, daß diese in allen sechs Versuchen durch die stärkste Dosis im Vergleich mit derjenigen der nichtnarkotisierten Kontrollpflanzen gehemmt ist; dabei schwanken die $\frac{D}{m_D}$-Werte zwischen 2,4—1,4 (im Durchschnitt 1,5). Die Zunahme der Blattfläche, der mit der mittelstarken und der schwächsten Chloroformkonzentration behandelten Pflanzen ist zwar auch in der Mehrzahl der Fälle kleiner als bei den Kontrollpflanzen; doch sind diese Unterschiede unsicher, weil sie im Vergleich mit dem mittleren Fehler zu klein sind $\left(\frac{D}{m_D}\right.$ beträgt im Durchschnitt zirka $\left.1\right)$.

Hierbei muß noch erwähnt werden, daß neben der Wirkung der Narkose auf das Wachstum der Blätter auch diejenige auf die Verlängerung des Stengels der Bohnenpflanzen berücksichtigt wurde, obwohl das zahlenmäßig nirgends besonders ausgedrückt ist. Es wurde überall, sowohl in den obenbeschriebenen Chloroformnarkoseversuchen als auch in allen anderen weiter zu besprechenden Untersuchungen ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem Wachstum der Blätter und dem des Stengels der Bohnenpflanzen beobachtet: wo die Vergrößerung der Blätter durch die Narkose gehemmt wurde, ließ sich auch ein Zurückbleiben des Stengelwachstums deutlich wahrnehmen.

Um sich einigermaßen zu orientieren, ob die das Wachstum der Pflanzen hemmende Wirkung der 12stündigen Chloroformnarkose eine vorübergehende, narkotische ist, oder ob sie auf einer giftigen Nachwirkung des Narkotikums beruht, wurden die Pflanzen von einem der

obenbeschriebenen 12stündigen Versuche für längere Zeit ins Treibhaus gestellt; hier wurde ihre weitere Entwicklung beobachtet. Im Verlaufe von zirka drei Monaten ließ sich weder auf die Bildung noch auf das Wachstum der neuen Blätter und des Stengels, noch auf die Ausbildung der Blüten und der Früchte irgendwelche schädliche Nachwirkung der Narkose im Vergleich zu den Kontrollpflanzen mehr feststellen.

Die Wirksamkeit der 48stündigen Chloroformnarkose auf das Wachstum der Blätter (auch des Stengels), war noch stärker als die der 12stündigen (Tabellen 21 und 22). Die Zunahme der Blattflächen, der mit den zwei stärksten Dosen (32 und 18 ccm) jeweils narkotisierten Pflanzen, ist im Vergleich zu den nicht behandelten bedeutend gehemmt und zwar ist sie bei den der stärksten Konzentration ausgesetzten Pflanzen mehr als zweimal, bei den der schwächeren mehr als anderthalbmal kleiner als bei den Kontrollpflanzen; dabei liegen die Differenzen außerhalb der Grenzen des mittleren Fehlers. Die Wirkung der nächstschwächeren Konzentrationen (16, 12 und 6 ccm) auf das Wachstum der Blätter ist auch als eine hemmende zu betrachten, nur liegen die Unterschiede in der Zunahme der Blattfläche der mit diesen Konzentrationen behandelten und unbehandelten Pflanzen hier noch im Bereiche des mittleren Fehlers (die $\frac{D}{m_D}$-Werte sind zwischen 2,2 bis 1,2).

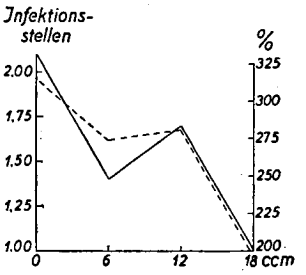


Abb. 10.
Beziehung zwischen der Anzahl der Infektionsstellen (ausgezogene Kurve) und der Zunahme der Blattfläche (punktierte Kurve) der 48 Stunden mit drei verschiedenen Chloroformkonzentrationen narkotisierten und der nichtnarkotisierten Bohnenpflanzen. 0 = ohne Narkosebehandlung.

Aus den oben angeführten Ergebnissen sämtlicher Chloroformnarkoseversuche erkennt man, daß die Empfänglichkeit der Wirtspflanze *Phaseolus vulgaris* für den Parasiten *Uromyces appendiculatus* unter dem Einflusse der Chloroformnarkose (sofern sie lange genug, mindestens 12 Stunden, dauert) regelmäßig abnimmt, wobei diese Abnahme Hand in Hand geht mit der hemmenden Wirkung der Narkose auf die Wirtspflanze (vgl. Abb. 10).

Zur Ergänzung des Bildes über die Wirkung der Narkose auf die Beziehungen zwischen den Bohnenpflanzen und dem Parasiten wurden später noch spezielle Versuche vorgenommen. Ihr Zweck war: erstens die Wirkung der Chloroformnarkose auf den Pilz selbst zu prüfen, zweitens die Dauer der narkotischen bzw. der giftigen Nachwirkung des Narkotikums festzustellen.

Zur Prüfung der Narkosewirkung auf den Pilz wurde folgendes Verfahren angewandt. Es wurden stark von *Uromyces* (im Uredostadium) befallene Blätter von *Phaseolus vulgaris* „Graf Zeppelin“ im Wasser

geschüttelt, die suspendierten Sporen mittels Zentrifugierung sedimentiert und etwa 12 Stunden bei Zimmertemperatur in einem Glasschälchen getrocknet. Auf diese Weise wurden Sporen von etwa 60 Bohnenpflanzen gesammelt, so daß uns zirka 3 ccm Sporenmaterial zur Verfügung standen.

Die Sporen wurden zu annähernd gleichen Teilen in kleine, flache Glasdosen getan; je eine solche Dose wurde in den Narkosekasten gestellt und 12 Stunden bei zirka 19° C, zirka 90% relative Feuchtigkeit und bei Lampenbelichtung mit Chloroformdämpfen narkotisiert (zur Kontrolle blieben in einem Kasten die Sporen ohne Narkose). Die Außenbedingungen bei der Narkose der Sporen waren hiermit die gleichen wie sie bei der Narkotisierung der Pflanzen meistens inne gehalten wurden.

Sofort nach der Aufhebung der Narkose wurde von jeder Dose mittels eines kleinen, zirka 0,25 ccm fassenden Meßzylinderchens je eine gleiche Portion Sporen abgemessen und in je 400 ccm Leitungswasser suspendiert. Mit den so vorbereiteten Suspensionen wurden je zehn Bohnenpflanzen bestäubt und hierauf in die Inkubationskammer gebracht.

Die Wirkung der Narkose auf die Sporen wurde nach der Anzahl der entstandenen Infektionsstellen je qcm des Bohnenblattes beurteilt. Sämtliche diesbezüglichen Ergebnisse sind in Tabelle 23 angegeben. Man kann hieraus ersehen, daß keine der von uns verwendeten Chloroformkonzentrationen eine hemmende Wirkung auf die Sporen ausgeübt hatte. Selbst bei der doppelt so starken Dosis, wie sie bei der Bohnennarkose verwendet wurde (nämlich 116 ccm Chloroform auf 1 cbm Luft) ist die Anzahl der Infektionsstellen ebenso groß, ja sogar noch größer als bei der schwachen Narkose und bei der Kontrolle (wobei jedoch die vorhandenen Differenzen im Bereiche des mittleren Fehlers liegen [1]).

Diese Ergebnisse der Sporennarkose erhellen einigermaßen die Tatsache, warum in den früher besprochenen Parallelversuchen der Befall der Bohnen durch *Uromyces* fast gleichartig verlief, unabhängig davon, ob die Pflanzen mit den nichtnarkotisierten Sporen infiziert wurden (Narkose vor der Infektion) oder ob die Narkose sich sowohl auf die Pflanzen als auch auf die Sporen erstreckte (Narkose nach der Infektion). Es ist demnach zu schließen, daß nur ein Zusammenhang zwischen der Wirkung des Chloroforms auf die Wirtspflanze einerseits und den Befall derselben durch den Parasiten andererseits besteht; die Narkose des Pilzes spielt dabei keine Rolle.

Von weiterem Interesse war nachzuprüfen, ob die Wirkung des Chloroforms auf die Bohnen und auf ihren Befall durch *Uromyces* auf einer vor-

[1]) Hierbei muß noch bemerkt werden, daß die Bohnenpflanzen, die gleichzeitig mit den Sporen in denselben Kästen der Narkose ausgesetzt wurden, bei den Chloroformkonzentrationen von 97 und 116 ccm schon in einigen Stunden nach Beginn der Narkose eingingen; die mit 77 ccm Chloroform behandelten starben nach wenigen Tagen ab.

Tabelle 23.

**Einfluß der 12stündigen Chloroformnarkose der Uredosporen von *Uromyces appendiculatus* auf den Befall von nichtnarkotisierten Bohnenpflanzen.**

| Verfahren | Zahl der Infektionsstellen pro qcm |
|---|---|
| **1. Versuch** | |
| 1. Kontrollpflanzen ohne Infektion | keine |
| 2. Infektion mit nichtnarkotisierten Sporen | $16{,}27 \pm 0{,}79$ |
| 3. Infektion mit narkotisierten Sporen: Narkose mit 19 ccm Chloroform | $14{,}46 \pm 0{,}88$ |
| 4. Infektion mit narkotisierten Sporen: Narkose mit 38 „ „ | $15{,}93 \pm 1{,}07$ |
| 5. Infektion mit narkotisierten Sporen: Narkose mit 58 „ „ | $14{,}43 \pm 0{,}69$ |
| **2. Versuch** | |
| 1. Kontrollpflanzen ohne Infektion | keine |
| 2. Infektion mit nichtnarkotisierten Sporen | $11{,}45 \pm 1{,}06$ |
| 3. Infektion mit narkotisierten Sporen: Narkose mit 77 ccm Chloroform | $14{,}28 \pm 0{,}88$ |
| 4. Infektion mit narkotisierten Sporen: Narkose mit 97 „ „ | $14{,}90 \pm 1{,}48$ |
| 5. Infektion mit narkotisierten Sporen: Narkose mit 116 „ „ | $14{,}68 \pm 1{,}08$ |

übergehenden narkotischen Wirkung dieses Stoffes beruht, oder ob es sich um eine giftige, irreversible Schädigung der Pflanzen handelt.

Zu diesem Zweck wurde ein 12stündiger Chloroformnarkoseversuch mit denselben Chloroformkonzentrationen, wie in Tabelle 19 angegeben, und bei den gleichen Außenbedingungen ausgeführt und einmal wiederholt, nur mit dem Unterschied, daß die Pflanzen nicht sofort nach der Narkose, sondern erst nach Verlauf von 44 Stunden infiziert wurden. Die Flächen der Blätter wurden zum erstenmal vor der Narkose, zum zweitenmal kurz vor der Infektion, d. h. rund zwei Tage nach der Narkose und schließlich noch ein drittesmal beim Zählen der Infektionsstellen, etwa sieben Tage nach der Infektion gemessen.

Die Ergebnisse dieses Versuches sind in Tabelle 24 angegeben. Betrachtet man zunächst die Anzahl der Infektionsstellen, so sieht man, daß die Narkose nach Ablauf von 44 Stunden keinen Einfluß mehr auf die Bildung derselben ausgeübt hat. Der Unterschied im Grad des Befalles ist selbst bei den mit der stärksten Dosis narkotisierten Pflanzen gegenüber dem Befallsgrad bei den unbehandelten Parallelexemplaren kaum nennenswert, weil er im Bereiche des mittleren Fehlers sich befindet (der $\frac{D}{m_D}$-Wert ist weit unter 0,5).

Was das Wachstum der Blätter anbetrifft, so sieht man aus derselben Tabelle 24, daß die Zunahme der Blattfläche während der ersten zwei Tage nach der Narkose bei den narkotisierten und den nichtnarkotisierten Pflanzen sich sehr stark unterscheidet: sie ist nämlich bei den narkotisierten, im Vergleich zu den Kontrollpflanzen, gehemmt, und zwar um so stärker, je größer die Chloroformkonzentration ist.

Tabelle 24.

**Einfluß der 12stündigen Chloroformnarkose 44 Stunden vor der Infektion auf den Befall von *Phaseolus vulgaris* durch *Uromyces appendiculatus*.**

| Verfahren | 1. Versuch | | | 2. Versuch | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Zunahme der Blattfläche in % während der ersten 2 Tage nach der Narkose | Zunahme der Blattfläche in % während 7 Tagen nach der Infektion | Zahl der Infektionsstellen | Zunahme der Blattfläche in % während der ersten 2 Tage nach der Narkose | Zunahme der Blattfläche in % während 7 Tagen nach der Infektion | Zahl der Infektionsstellen |
| 1. Ohne Narkose Ohne Infektion | 148 ± 18,7*) | 215 ± 55,4*) | — | 97 ± 6,9 | 195 ± 21,2 | — |
| 2. Narkose mit 38 ccm Chloroform Ohne Infektion | 99 ± 15,9*) | 200 ± 37,4*) | — | 66 ± 3,4 | 234 ± 12,4 | — |
| 3. Ohne Narkose Infiziert | 95 ± 15,4 | 79 ± 22,6 | 0,70 ± 0,34 | 114 ± 6,8 | 196 ± 21,2 | 9,90 ± 2,11 |
| 4. Narkose mit 19 ccm Chloroform Infiziert | 78 ± 11,8 | 72 ± 7,7 | 0,59 ± 0,22 | 100 ± 7,5 | 215 ± 20,1 | 9,30 ± 1,72 |
| 5. Narkose mit 38 ccm Chloroform Infiziert | 55 ± 7,8 | 81 ± 12,5 | 0,81 ± 0,32 | 79 ± 5,4 | 236 ± 18,1 | 10,91 ± 1,52 |
| 6. Narkose mit 58 ccm Chloroform Infiziert | 35 ± 5,7 | 62 ± 13,6 | 0,85 ± 0,32 | 55 ± 3,2 | 194 ± 17,8 | 9,07 ± 1,90 |

Bemerkung: Die Zunahme der Blattflächen bei den mit *) bezeichneten Kontrollpflanzen unterscheidet sich stark von allen anderen dadurch, daß diese Pflanzen von einer um ca. 2 Tage früheren Aussaat stammen.

Im Laufe der nächsten sieben Tage dagegen scheint das weitere Wachstum der Blätter von der Narkose nicht mehr beeinflußt zu werden: die Zunahme der Blattfläche, ausgerechnet in Prozent, bezogen auf die ursprüngliche (vor der Narkose gemessene) Größe der Blätter, ist wieder ausgeglichen, so daß zwischen den narkotisierten und den nichtnarkotisierten Pflanzen kaum mehr ein außerhalb der Grenzen des mittleren Fehlers liegender Unterschied vorhanden ist.

Man darf also auf Grund der Ergebnisse dieses Versuches schließen, daß die hemmende Wirkung, die eine 12stündige Chloroformnarkose sowohl auf den Befall der Bohnenpflanzen durch *Uromyces appendiculatus* als auch auf die Pflanze selbst ausübt, tatsächlich auf der vorübergehenden, nicht länger als zwei Tage dauernden narkotischen Wirkung des Chloroforms beruht.

### b) Versuche mit Äthernarkose.

Die noch zur Verfügung übergebliebene Zeit erlaubte uns nicht, die Versuche mit Äther- und mit Alkoholnarkose in einem solchen Umfang vorzunehmen, wie sie mit der Chloroformnarkose ausgeführt worden sind. Es wurden nur 2 und 12 Stunden lang dauernde Versuche angesetzt, je zwei parallel nebeneinander mit je einer Infektion vor und nach der Narkose. Die Ergebnisse der Äthernarkoseversuche sind in Tabellen 25 und 26 angegeben. Betrachtet man den Einfluß der 2stündigen Äthernarkose auf den Befall der Bohnenpflanzen durch Uromyces, so sieht man aus Tabelle 25, daß die Anzahl der Infektionsstellen auf den Blättern der narkotisierten Pflanzen geringer ist als auf den Blättern der Kontrollpflanzen. Der Unterschied ist besonders deutlich auf den vor der Infektion

Tabelle 25.

**Einfluß der 2stündigen Äthernarkose auf den Befall von *Phaseolus vulgaris* durch *Uromyces appendiculatus*.**

| Verfahren | a) Narkose vor der Infektion | | b) Narkose nach der Infektion | |
|---|---|---|---|---|
| | Zunahme der Blattfläche in % | Zahl der Infektionsstellen | Zunahme der Blattfläche in % | Zahl der Infektionsstellen |
| 1. Ohne Narkose Ohne Infektion | 448 ± 66,9 | — | 251 ± 32,8 | — |
| 2. Narkose mit 446 ccm Äther Ohne Infektion | 408 ± 56,7 | — | 270 ± 56,4 | — |
| 3. Ohne Narkose Infiziert | 336 ± 41,2 | 8,17 ± 0,51 | 238 ± 30,7 | 1,46 ± 0,24 |
| 4. Narkose mit 223 ccm Äther Infiziert | 360 ± 32,1 | 8,31 ± 0,65 | 263 ± 26,3 | 1,73 ± 0,33 |
| 5. Narkose mit 446 ccm Äther Infiziert | 414 ± 32,6 | 5,78 ± 0,58 | 276 ± 33,6 | 1,15 ± 0,19 |
| 6. Narkose mit 669 ccm Äther Infiziert | 406 ± 55,4 | 5,62 ± 0,82 | 233 ± 29,9 | 1,04 ± 0,19 |

Tabelle 26.

**Einfluß der 12 stündigen Äthernarkose auf den Befall von *Phaseolus vulgaris* durch *Uromyces appendiculatus*.**

| Verfahren | a) Narkose vor der Infektion | | b) Narkose nach der Infektion | |
|---|---|---|---|---|
| | Zunahme der Blattfläche in % | Zahl der Infektionsstellen | Zunahme der Blattfläche in % | Zahl der Infektionsstellen |
| 1. Ohne Narkose Ohne Infektion . . . . . | 835 ± 91,0 | — | 429 ± 32,0 | — |
| 2. Narkose mit 386 ccm Äther Ohne infektion . . . . . | 789 ± 56,3 | — | 416 ± 43,6 | — |
| 3. Ohne Narkose Infiziert . . . . . | 700 ± 77,6 | 5,59 ± 0,59 | 426 ± 40,9 | 3,72 ± 1,04 |
| 4. Narkose mit 193 ccm Äther Infiziert . . . . . | 597 ± 33,9 | 6,26 ± 0,62 | 351 ± 29,0 | 3,43 ± 0,98 |
| 5. Narkose mit 386 ccm Äther Infiziert . . . . . | 615 ± 53,3 | 6,05 ± 0,51 | 309 ± 19,0 | 2,43 ± 0,69 |
| 6. Narkose mit 580 ccm Äther Infiziert . . . . . | 535 ± 43,5 | 3,83 ± 0,34 | 267 ± 27,3 | 1,49 ± 0,65 |

narkotisierten Exemplaren, wo der $\frac{D}{m_D}$-Wert bei starker Dosis 2,6, derjenige der mittelstark narkotisierten 3,1 beträgt. Die Anzahl der Befallsstellen auf den nach der Infektion narkotisierten Pflanzen ist weniger von der der Kontrollindividuen verschieden und liegt selbst bei den stark narkotisierten Pflanzen weit im Bereiche des mittleren Fehlers.

Der Einfluß der 12 stündigen Äthernarkose auf den Befall der Bohnenpflanzen durch *Uromyces* verläuft ungefähr in derselben Richtung wie bei den 12 stündigen Chloroformnarkoseversuchen. Die Anzahl der Infektionsstellen ist, wie aus Tabelle 26 ersichtlich, bei den stark narkotisierten Pflanzen gegenüber den Kontrollpflanzen beträchtlich kleiner, und der Unterschied liegt ungefähr an der Grenze des mittleren Fehlers. Der Befallsgrad der mittelstark bzw. schwach narkotisierten Pflanzen ist in dem ersten Versuche (Narkose vor der Infektion) etwas größer, in dem zweiten (Narkose nach der Infektion) etwas kleiner als bei der Kontrolle; die Differenzen aber bewegen sich weit in den Grenzen des mittleren Fehlers.

Das Wachstum der Blätter scheint durch die 2 stündige Äthernarkose ganz unbeeinflußt geblieben zu sein (Tabelle 25), dagegen wurde die Blattzunahme bei den 12 stündigen Äthernarkoseversuchen, ähnlich wie es sich bei der 12 stündigen Chloroformbehandlung ergeben hat, durch die Narkose gehemmt. Das sieht man deutlich an der Vergrößerung der Blattfläche in Tabelle 26. Die Blattgröße der stark narkotisierten Pflanzen ist nämlich in den beiden Parallelversuchen bedeutend kleiner gegenüber den nicht narkotisierten, dann nimmt sie bei den mittel bzw. schwach narkotisierten mehr oder weniger zu und erreicht das Maximum bei den nicht narkotisierten Individuen.

Um festzustellen, ob die 12stündige Äthereinwirkung, bei der das Wachstum der Blätter bzw. des Stengels in den ersten 7 Tagen nach der Narkose gehemmt wurde, irgendeine Nachwirkung auf die weitere Entwicklung der Bohnenpflanzen auszuüben vermag, wurden die Pflanzen eines 12stündigen Äthernarkoseversuches für längere Zeit ins Treibhaus gebracht. Nach zirka $2\,^1/_2$ Monaten war zwischen den ätherisierten Pflanzen und der Kontrolle im Wachstum kaum ein Unterschied zu merken. Auch die dennoch reiche Blütenbildung war auf sämtlichen Pflanzen ziemlich gleichmäßig. Doch für die Bildung der Früchte waren die Bedingungen

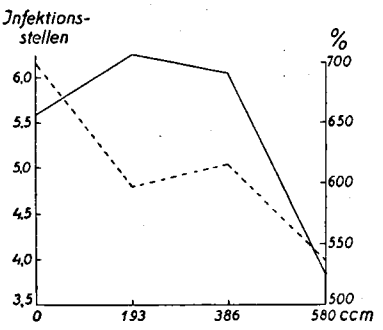


Abb. 11.
Beziehung zwischen der Anzahl der Infektionsstellen (ausgezogene Kurve) und der Zunahme der Blattfläche (punktierte Kurve) der 12 Stunden lang mit drei verschiedenen Ätherkonzentrationen vor der Infektion narkotisierten und der nichtnarkotisierten Bohnenpflanzen. 0 = ohne Narkosebehandlung.

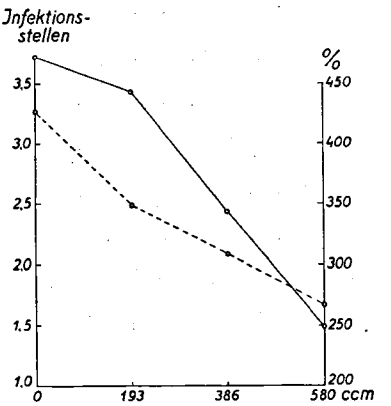


Abb. 12.
Beziehung zwischen der Anzahl der Infektionsstellen (ausgezogene Kurve) und der Zunahme der Blattfläche (punktierte Kurve) der 12 Stunden lang mit drei verschiedenen Ätherkonzentrationen nach der Infektion narkotisierten und der nichtnarkotisierten Bohnenpflanzen. 0 = ohne Narkosebehandlung.

im Treibhaus recht ungünstig: von sämtlichen Pflanzen wurden nur wenige kleine Hülschen gesammelt, und zwar von 10 Kontrollpflanzen 3, von den schwachnarkotisierten Pflanzen 5, von den mittelstarknarkotisierten 6 und von den starknarkotisierten nur ein einziges. Diese Zahlen sind aber so klein, daß die Differenzen aller Wahrscheinlichkeit nach eher auf den Zufall als auf die Narkosenachwirkung zurückzuführen sind.

Die Beziehungen zwischen der Wirkung der 12stündigen Äthernarkose auf den Befall der Bohnen durch *Uromyces appendiculatus* und der Wirkung auf das Wachstum der Blätter veranschaulichen die Abb. 11 und 12, wo auf der Abzisse die Ätherkonzentrationen, auf der linken Ordinate die Infektionsstellen je qcm des Blattes und auf der rechten Ordinate die Zunahme der Blattfläche aufgetragen sind.

Aus dem, was oben über die Wirkung der Äthernarkose gesagt ist, geht hervor, daß sie sowohl in Hinsicht auf den Befall der Pflanze

Tabelle 27.

**Einfluß der 2stündigen Alhoholnarkose auf den Befall von *Phaseolus vulgaris* durch *Uromyces appendiculatus*.**

| Verfahren | a) Narkose vor der Infektion | | b) Narkose nach der Infektion | |
|---|---|---|---|---|
| | Zunahme der Blattfläche in % | Zahl der Infektionsstellen | Zunahme der Blattfläche in % | Zahl der Infektionsstellen |
| 1. Ohne Narkose Ohne Infektion . . . . . | 282 ± 27,1 | — | 402 ± 57,3 | — |
| 2. Narkose mit 21 ccm Alkohol Ohne Infektion . . . . . | 291 ± 32,6 | — | 401 ± 45,3 | — |
| 3. Ohne Narkose Infiziert . . . . . | 289 ± 22,3 | 4,34 ± 0,41 | 242 ± 14,4 | 1,65 ± 0,52 |
| 4. Narkose mit 10 ccm Alkohol Infiziert . . . . . | 264 ± 15,9 | 4,18 ± 0,31 | 246 ± 21,5 | 1,37 ± 0,39 |
| 5. Narkose mit 21 ccm Alkohol Infiziert . . . . . | 243 ± 35,1 | 4,63 ± 0,28 | 208 ± 15,1 | 1,18 ± 0,33 |
| 6. Narkose mit 31 ccm Alkohol Infiziert . . . . . | 261 ± 21,4 | 4,09 ± 0,31 | 222 ± 18,6 | 1,16 ± 0,31 |

durch den Parasiten als auch hinsichtlich des Einflusses auf die Wirtspflanze selbst, (d. h. auf das Wachstum der Blätter bzw. des Stengels) im großen ganzen eine ähnliche Wirkung ausübt, wie das bei der Chloroformnarkose der Fall war: eine länger andauernde (12 Stunden) Äthernarkose, besonders mit der stärksten Konzentration (580 ccm) muß sicher hemmend wirken sowohl auf die Bildung der Infektionsstellen als auf die Zunahme der Blattfläche.

### c) Versuche mit Alkoholnarkose.

2stündige Alkoholnarkose, deren Ergebnisse in Tabelle 27 zusammengefaßt sind, blieb ohne irgendeine nennenswerte Wirkung. Die Anzahl

Tabelle 28.

**Einfluß der 12stündigen Alkoholnarkose auf den Befall von *Phaseolus vulgaris* durch *Uromyces appendiculatus*.**

| Verfahren | a) Narkose vor der Infektion | | b) Narkose nach der Infektion | |
|---|---|---|---|---|
| | Zunahme der Blattfläche in % | Zahl der Infektionsstellen | Zunahme der Blattfläche in % | Zahl der Infektionsstellen |
| 1. Ohne Narkose Ohne Infektion . . . . . | 371 ± 45,2 | — | 423 ± 29,9 | — |
| 2. Narkose mit 15 ccm Alkohol Ohne Infektion . . . . . | 273 ± 21,2 | — | 386 ± 52,2 | — |
| 3. Ohne Narkose Infiziert . . . . . | 389 ± 61,4 | 10,23 ± 1,13 | 406 ± 37,2 | 2,29 ± 0,65 |
| 4. Narkose mit 7,5 ccm Alkohol Infiziert . . . . . | 357 ± 47,5 | 9,97 ± 1,08 | 425 ± 32,0 | 1,60 ± 0,49 |
| 5. Narkose mit 15 ccm Alkohol Infiziert . . . . . | 314 ± 40,6 | 7,83 ± 1,30 | 388 + 22,7 | 1,38 ± 0,40 |
| 6. Narkose mit 22 ccm Alkohol Infiziert . . . . . | 235 ± 29,7 | 6,64 ± 0,89 | 340 ± 29,8 | 0,53 ± 0,11 |

der hervorgebrochenen Infektionsstellen sowie die Zunahme der Blattfläche der narkotisierten Pflanzen bewegen sich nämlich im Vergleich mit denjenigen der Kontrollpflanzen weit im Bereiche des mittleren Fehlers. Ein Unterschied zwischen der Narkose vor der Infektion und der Narkose nach der Infektion besteht hier nicht.

Die Ergebnisse der 12stündigen Alkoholnarkose (Tabelle 28) stimmen

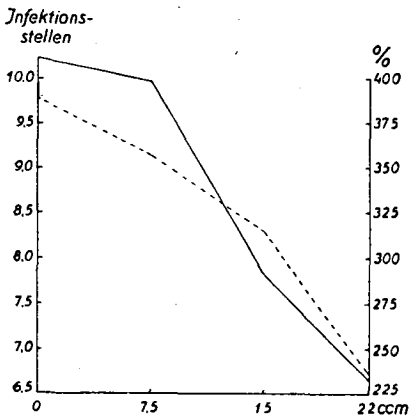


Abb. 13.
Beziehung zwischen der Anzahl der Infektionsstellen (ausgezogene Kurve) und der Zunahme der Blattfläche (punktierte Kurve) der 12 Stunden lang mit drei verschiedenen Alkoholkonzentrationen vor der Infektion narkotisierten und der nichtnarkotisierten Bohnenpflanzen. 0 = ohne Narkosebehandlung.

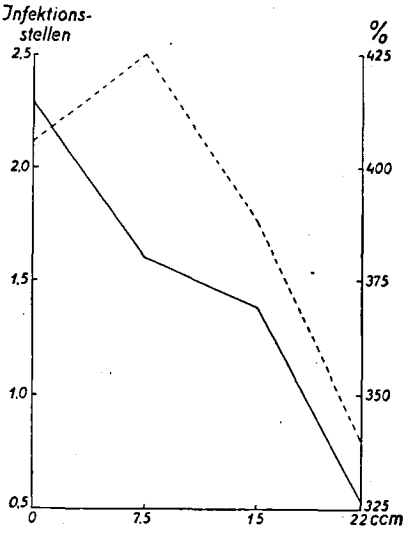


Abb. 14.
Beziehung zwischen der Anzahl der Infektionsstellen (ausgezogene Kurve) und der Zunahme der Blattfläche (punktierte Kurve) der 12 Stunden lang mit drei verschiedenen Alkoholkonzentrationen nach der Infektion narkotisierten und der nichtnarkotisierten Bohnenpflanzen. 0 = ohne Narkosebehandlung.

wiederum mit denjenigen der 12stündigen Chloroformnarkose überein: die Anzahl der Infektionsstellen ist auf den starknarkotisierten Pflanzen bedeutend kleiner als auf den nichtnarkotisierten; dabei sind die $\frac{D}{m_D}$-Werte verhältnismäßig groß, im ersten Versuch (Narkose vor der Infektion) nämlich 2,5, im zweiten (Narkose nach der Infektion) 2,6. Mit der Abnahme der Alkoholkonzentration nimmt auch die Anzahl der Infektionsstellen in beiden Versuchen regelmäßig zu, bei den Kontrollpflanzen ist sie maximal. Der Unterschied zwischen der Narkosewirkung vor und nach der Infektion ist auch hier unwesentlich.

Auch das Wachstum der Blätter ist durch die 12stündige Narkose, insbesondere bei den der stärksten Konzentration ausgesetzten Pflanzen, deutlich gehemmt, wie das aus derselben Tabelle 28 ersichtlich ist.

Die Beziehungen zwischen dem Befall der Bohnen durch *Uromyces* und der Zunahme der Blattfläche bei der 12stündigen Alkoholnarkose sind

graphisch in Abb. 13 und 14 dargestellt (auf der Abszisse sind die Alkoholkonzentrationen, auf der linken Ordinate die Anzahl der Infektionsstellen pro qcm des Blattes, auf der rechten Ordinate die Zunahme der Blattfläche in $^0/_0$ verzeichnet).

Sämtliche Ergebnisse der Narkoseversuche mit *Phaseolus vulgaris* als Wirtspflanze und *Uromyces appendiculatus* als Parasit können wir kurz folgendermaßen zusammenfassen:

1. Wirkung der Narkose auf den Befall der Bohnen durch *Uromyces:* a) Kurzdauernde Narkose, nämlich eine 15minutige (die nur mit Chloroform ausgeführt worden ist) und eine 2stündige ließen keine merkliche Wirkung wahrnehmen. b) Bei der 12stündigen Narkose wurden die Blätter der starknarkotisierten Pflanzen in allen Fällen bedeutend weniger vom Pilz befallen als bei den nichtnarkotisierten Kontrollpflanzen; die Blätter der mit mittelstarker Dosis behandelten Bohnen wurden meistens auch weniger befallen als die der Kontrollpflanzen, aber die Unterschiede bewegen sich weit im Bereiche des mittleren Fehlers. Bei den schwachnarkotisierten Pflanzen waren überhaupt keine regelmäßigen Wirkungen der Narkose und keine deutlichen Unterschiede hinsichtlich des Befalles der narkotisierten und der Kontrollindividuen durch den Pilz festzustellen. c) durch die 48stündige Narkose, die nur mit Chloroform ausgeführt worden ist, wurde der Befall der Bohnenpflanzen durch *Uromyces* noch mehr herabgesetzt als durch die 12stündige Narkose. d) Die Parallelversuche, wo in dem einen nur die Pflanzen (Narkose vor der Infektion), in dem anderen mit Pilzsporen infizierte Wirtspflanzen (Narkose nach der Infektion) narkotisiert worden sind, ließen hinsichtlich des Befalles der Pflanzen durch den Parasiten keine prinzipiellen Unterschiede wahrnehmen. Diese Tatsache läßt vermuten, daß die von uns verwendeten Narkotikakonzentrationen, die bei einer hinlänglich ausgedehnten Wirkungsdauer der Narkose auf die Bohnenpflanzen eine deutliche und zwar hier eine hemmende Wirkung ausüben, keinen, wenigstens keinen merklichen Einfluß auf die Sporen von *Uromyces*parasiten haben. Die Unbeeinflußbarkeit der *Uromyces*sporen durch das Chloroform in den von uns verwendeten Konzentrationen hat sich auch bei den speziell vorgenommenen Sporennarkoseversuchen bestätigt (vgl. Tabelle 23).

2. Wirkung der Narkose auf das Wachstum der Bohnenpflanzen: a) der Einfluß einer 15minutigen und einer 2stündigen Narkose war überall noch kein nennenswerter. b) 12stündige Narkose mit allen drei Narkotika und 48stündige Narkose mit Chloroform erwiesen sich, wenigstens bei den stärksten Konzentrationen, als deutlich hemmend auf das Wachstum der Blätter als auch des Stengels.

3. Ein Zusammenhang zwischen der Wirkung der Narkose auf das Wachstum der Wirtspflanze und auf den Befall derselben durch *Uromyces* war überall mehr oder weniger wahrnehmbar, und zwar nahm dort, wo

das Wachstum der Blätter (bzw. des Stengels) durch die Narkose deutlich gehemmt wurde, auch der Befall der Blätter durch den Pilz ab. Diese Tatsache, sowie die oben erwähnte Unbeeinflußbarkeit der Sporen durch die verwendeten Konzentrationen der Narkotika läßt vermuten, daß die Verminderung des Befalls der Bohnenpflanzen durch *Uromyces appendiculatus* auf der durch die Narkose in irgend einer Weise herabgesetzten Empfänglichkeit der Wirtspflanze beruht.

4. Auf Grund der Ergebnisse eines weiteren, speziell vorgenommenen Kontrollversuches erwies sich die weitere Annahme als möglich, daß eine wenigstens makroskopisch wahrnehmbare Wirkung der Narkose sowohl auf den Befall der Bohnenpflanzen durch den Parasiten als auch auf das Wachstum der Wirtspflanzen selbst nur vorübergehend ausgeübt wird und nicht länger als 2 Tage dauert.

## VII. Schlußbetrachtungen.

Auf Grund der Ergebnisse der oben besprochenen Versuche, die nur mit zwei verschiedenen Wirtspflanzen und zwei parasitischen Pilzen ausgeführt worden sind, ist es zulässig anzunehmen, daß, wie neulich auch Volk (1931) ausführte, die Wirkung der Narkose auf die Empfänglichkeit für bzw. Widerstandsfähigkeit der Pflanzen gegen Pilzkrankheiten eine mannigfaltigere ist, als bis jetzt angenommen wurde.

Betrachtet man zunächst die Wirkungsweise der von uns verwendeten Narkotika auf ein und dieselbe Pflanzenart und das Verhalten der beiden Pflanzenarten gegen ein und dasselbe Narkotikum, so sieht man einerseits, daß die Wirkungen des Chloroforms, des Alkohols und des Äthers ungleichartig sind. Dies ist z. B. bei den Narkoseversuchen mit Blumenkohl der Fall, wo Chloroform als stark beschleunigend, Alkohol als schwach beschleunigend und Äther als wirkungslos auf das Wachstum der Pflanze sich erwies; andererseits ist auch das Verhalten verschiedener Pflanzenarten zu den Narkotika ungleichartig. Während Blumenkohl bei genügend langer Einwirkungsdauer der entsprechend dosierten Chloroformnarkose, zum Teil auch bei der Alkoholnarkose, im Wachstum beschleunigt wurde, bei der Äthernarkose aber überhaupt keine merkliche Beeinflussung zeigte, wurden Bohnenpflanzen bei gleicher Einwirkungsdauer und entsprechend gleicher Dosierung aller drei Narkotika im Wachstum gehemmt.

Ferner zeigt sich eine Verschiedenheit in bezug auf den Befall durch die beiden Parasiten. *Alternaria brassicae* hat die Neigung, die Blumenkohlpflanzen ohne Unterschied, ob sie durch die Narkose in ihren Lebensfunktionen (in unserem Falle in erster Linie im Wachstum) geschwächt oder gefördert sind, zu befallen; der Befall der Bohnenpflanzen durch *Uromyces appendiculatus* geht dagegen in gleicher Richtung wie die Wirkung der Narkose auf die Wirtspflanze: die durch die Narkose geschwächten Pflanzen werden auch von dem Parasiten weniger befallen, im Vergleich

zu den normalen, d. h. nichtnarkotisierten Kontrollpflanzen. Es wäre möglich anzunehmen, daß dieses ungleiche Verhalten der beiden Parasiten bei dem einen auf der Eigenschaft des fakultativen Parasitismus, bei dem anderen auf der Eigenschaft des obligaten Parasitismus beruht. Mit dieser Annahme stimmen die in der Einführung besprochenen Volkschen Versuche überein, wo die Resistenz der Roggenpflanzen gegen den obligaten Parasiten *Puccinia dispersa* durch die Narkose in schwachem Maße erhöht, dagegen die Resistenz der Rüben- bzw. Tomatenpflanzen gegen die fakultativen Parasiten *Phoma betae, Phytophthora infestans* und *Cladosporium fulvum* vermindert wurde.

Obwohl der Einfluß der Narkose auf die beiden Pilze, *Alternaria brassicae* und *Uromyces appendiculatus*, für sich allein von uns nicht untersucht worden ist, hat sich uns doch aus manchen Erscheinungen, die bei den mit der jeweiligen Wirtspflanzenart vorgenommenen Narkoseversuchen beobachtet wurden, die Vermutung aufgedrängt, daß die Wirkung der Narkose auch auf die beiden Parasitenarten nicht die gleiche sei. Während beispielsweise ein stärkerer Befall (im Vergleich mit den Kontrollpflanzen) der 48 Stunden lang nach der Infektion mit der stärksten Chloroformkonzentration behandelten Blumenkohlpflanzen durch die Wirkung der Narkose auf die *Alternaria*sporen bedingt zu sein scheint (wobei der Befallsgrad in keinem ursächlichen Zusammenhang mit dem durch die Narkose bewirkten Wachstum der Wirtspflanze steht), sind die Unterschiede im Befall der narkotisierten und der nichtnarkotisierten Bohnenpflanzen durch *Uromyces appendiculatus* nur auf die Wirkung der Narkose auf die Pflanze selbst, nicht aber auf die Wirkung der Narkose auf die Sporen zurückzuführen. Dies geht aus der Tatsache hervor, daß in den Parallelversuchen, wo mit der Wirtspflanze gleichzeitig auch die *Uromyces*sporen narkotisiert worden sind (Narkose nach der Infektion), die Befallsstärke im allgemeinen gleichartig verläuft wie die Erkrankung in den Hauptversuchen (Narkose vor der Infektion), wo die narkotisierten Pflanzen mit den nichtnarkotisierten *Uromyces*sporen beimpft worden sind. Daß der *Uromyces*parasit durch die Narkose unbeeinflußt bleibt, haben auch die speziell vorgenommenen Sporennarkoseversuche bestätigt.

## Zitierte Literatur.


Bolle, P. C., 1924, Die durch Schwärzepilze erzeugten Pflanzenkrankheiten. Medeel. Phytopath. Labor. W. C. Scholten, 7, S. 77.

Collander, R., 1921, Über die Permeabilität pflanzlicher Protoplasten für Sulphosäurefarbstoffe. Jahrb. f. wiss. Bot., 60, 354—407.

Czaja, A. Th., 1924, Reizphysiologische Untersuchungen an *Aldrovandia vesiculosa*. Pflügers Arch. f. die ges. Physiol., 206, 435—458.

Czapek, Fr., Dr. phil. et med., 1921, Biochemie der Pflanzen, Bd. III, Jena, S. 852.

Coupin, H., 1899, Action des vapeurs anesthésiques sur la vitalité des graines sèches et des grains humides. Compt. rend. hebd. des séances de l'acad. des sciences, 129, 561—562.

Elfving, F., 1885—1886, Über die Einwirkung von Äther und Chloroform auf die Pflanzen. Oefversicht of Finska Vetensk. Societ. Förhandl., 28 (zitiert nach Kegel, 1905).

Fischer, E., Dr. und Gäumann, E., Dr., 1929, Biologie der pflanzenbewohnenden parasitischen Pilze, Jena, S. 428.

Gerber, M. C., 1902, Influence des vapeurs d'éther sur la respiration des fruits charnus. Compt. rend. hebd. des séances et mém. de la soc. de biologie, 54, 1320—1322.

Heckel, E., 1876, Du mouvement dans les poils et les laciniations foliaires du *Drosera rotundifolia* et dans les feuilles du *Pinguicula vulgaris*. Compt. rend. hebd. des séances de l'acad. des sciences, 92, 525—526.

Heilbronn, A., 1914, Zustand des Plasmas und Reizbarkeit. Jahrb. f. wiss. Bot., 54, 357—390.

Höber, R., Dr. med., 1926, Physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe. Leipzig, S. 955.

Johannsen, W., 1906, Das Ätherverfahren beim Frühtreiben. Jena, S. 65.

Jordi, E., Dr., 1916, Über die Empfänglichkeit von *Phaseolus vulgaris* L. für Bohnenrost. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh., 26, 374—375.

Josing, E., 1901, Der Einfluß der Außenbedingungen auf die Abhängigkeit der Protoplasmaströmung vom Licht. Jahrb. f. wiss. Bot., 36, 197—228.

Kauffmann, C., 1899, Über Einwirkung der Anästhetica auf das Protoplasma und dessen biologisch-physiologischen Eigenschaften. Inaugural-Dissertation.

Kegel, W., 1905, Über den Einfluß von Chloroform und Äther auf die Assimilation von *Elodea canadensis*. Inaugural-Dissertation Göttingen.

Kosinski, J., 1902, Die Atmung bei Hungerzuständen und unter Einwirkung von mechanischen und chemischen Reizmitteln bei *Aspergillus niger*. Jahrb. f. wiss. Bot., 37, 137—204.

Kruseman, W. M., 1931, De invloed van temperatuur en narkose op het transport der assimilaten. Dissertation. Purmerend, S. 127.

Kurzwelly, W., 1903, Über die Widerstandsfähigkeit trockener pflanzlicher Organismen gegen giftige Stoffe. Jahrb. f. wiss. Bot., 38, 291—341.

Lakon, G., Dr., 1916, Empfänglichkeit von *Phaseolus vulgaris* L. und *Phaseolus multiflorus* Willd. für Bohnenrost und andere Krankheiten. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh., 26, 33—97.

Lepeschkin, W. W., 1911, Über die Einwirkung anästhesierender Stoffe auf die osmotischen Eigenschaften der Plasmamembran. Ber. d. deutsch. bot. Ges., 29, 349—355.

Lullies, H., 1925, Über die Beeinflussung der Permeabilität von Pflanzenzellen durch Narkotika. Pflügers Arch. f. ges. Physiol., 207, 8—23.

Mansfeld, G., 1912, Narkose und Sauerstoffmangel. Pflügers Arch. f. ges. Physiol., 143, 175—184.

Morkowine, N., 1899, Recherches sur l'influence des anesthésiques sur la respiration des plantes. Rev. gén. de bot., **11** (zitiert nach Kegel, 1905).

Mothes, K., 1926, Ein Beitrag für Kenntnis des Stickstoffwechsels höherer Pflanzen. Planta **1**, 472—552.

Nadson, G. A. und Meisl, M. N., 1926, Le mécanisme de l'action du Chloroforme sur la matière vivante. Compt. rend. hebd. des séances de l'acad. des sciences, **183**, 82—83.

Reed, S. H. and Cooley, J. S., 1912, *Heterosporium variabile* Cke., its relation to *Spinacia oleracea* and environmental faktors. Centralbl. f. Bakteriol., Parasitenkunde und Infektionskrankh., **32**, Abt. II, 40—58.

Rothert, H., 1904, Über die Wirkung des Äthers und Chloroforms auf die Reizbewegungen der Mikroorganismen. Jahrb. f. wiss. Bot., **39**, 1- 70.

Salmon, E., 1905, Further cultural experiments with biologic forms of the Erisiphaceae. Ann. bot. **19** (zitiert nach Fischer, E. und Gäumann, E., 1929).

Schmid, B., 1901, Über die Einwirkung von Chloroformdämpfen auf ruhende Samen. Ber. d. deutsch. bot. Ges. **19**, 71—76.

Schröder, H., 1908, Über die Einwirkung von Äthyläther auf die Zuwachsbewegung. Flora, **99**, 156—173.

Schröter, A., 1905, Über Protoplasmaströmung bei Mucorineen. Flora **95**, 1—30.

Schubert, N., 1909, Über die Resistenz exsiccatortrockener pflanzlicher Organismen gegen Alkohol und Chloroform bei höheren Temperaturen. Flora, **100** 68—120.

Smith, E. Ph., 1923, Effects of anaesthetics on plants. Nature, **112**, S. 654.

Stakman, E. C., 1915, Relation between *Pucc. graminis* and plants highly resistant to its attack. Journ. of Agricult. research, **4**, 493—499 (zitiert nach Fischer, E. und Gäumann, E., 1929).

Stern, K., 1920, Untersuchungen über Fluoreszenz und Zustand des Chlorophylls in lebenden Zellen. Ber. d. deutsch. bot. Ges., **19**, 71—76.

Téodoresco, E. C. et Coupin, H., 1898, Influence des anesthésiques sur la formation de la chlorophylle. Compt. rend. hebd. des séances de l'acad. des sciences, **127**, 884—887.

Traube, J. und Rosenstein, H., 1919, Über die Wirkung von oberflächenaktiven Stoffen auf Pflanzensamen. Biochem. Zeitschr. **95**, 85—100.

Tröndle, A., 1920, Neue Untersuchungen über die Aufnahme von Stoffen in die Zelle. Biochem. Zeitschr., **112**, 259—285.

Verzar, Fr., 1928, Untersuchungen über den Zusammenhang verschiedener Stoffwechselprozesse bei *Bacterium coli commune*. Biochem. Zeitschr., **91**, 1—45.

Volk, A., 1931, Einflüsse des Bodens, der Luft und des Lichtes auf die Empfänglichkeit der Pflanzen für Krankheiten. Phytopath. Zeitschr., **3**, Heft 1.

Warburg, O., 1919—1920, Über die Geschwindigkeit der photochemischen Kohlensäurezersetzung in lebenden Zellen. Biochem. Zeitschr., **100**, 230—270 u. **103**, 188—217.

Warburg, O. und Negelein, E., 1920, Über die Reduktion der Salpetersäure in grünen Zellen. Biochem. Zeitschr., **110**, 66—115.

Weber, F., 1921—1922, Zentrifugierungsversuche mit ätherisierten Spirogyren. Biochem. Zeitschr., **126**, 21—32.

Weber, F., 1922, Reversible Viskositätserhöhung des lebenden Protoplasma bei Narkose. Ber. d. deutsch. bot. Ges., **40**, 212—216.

Winterstein, H., 1926, Die Narkose in ihrer Bedeutung für die allgemeine Physiologie. Berlin.

## Lebenslauf.

Ich, Antanas Minkevičius, wurde am 18. Mai 1900 in Litauen, Kreis Ukmergė, im Gute Girstaitiškis geboren. Von 1912—1920 besuchte ich die Gymnasien von Ukmergė, Voroniesch und absolvierte 1920 die Maturität am litauischen Gymnasium in Vilnius. 1920—1922 bin ich meinem Militärdienst nachgekommen. 1922 wurde ich an der biologischen Abteilung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Litauischen Universität in Kaunas immatrikuliert. Infolge der Nachkriegsverhältnisse war ich gezwungen, nebenbei als Sekretär im Ministerialamt des Innern und später als Laborant am botanischen Institut zu arbeiten. 1928 erwarb ich das Diplom der biologischen Abteilung botanischer Richtung der Litauischen Universität Kaunas. Seit 1929 bin ich Assistent am Botanischen Garten der Universität Kaunas. Frühjahr 1930 bin ich in der Abteilung für Fachlehrer in Naturwissenschaften der Eidgenössischen Technischen Hochschule als Fachhörer eingetreten.